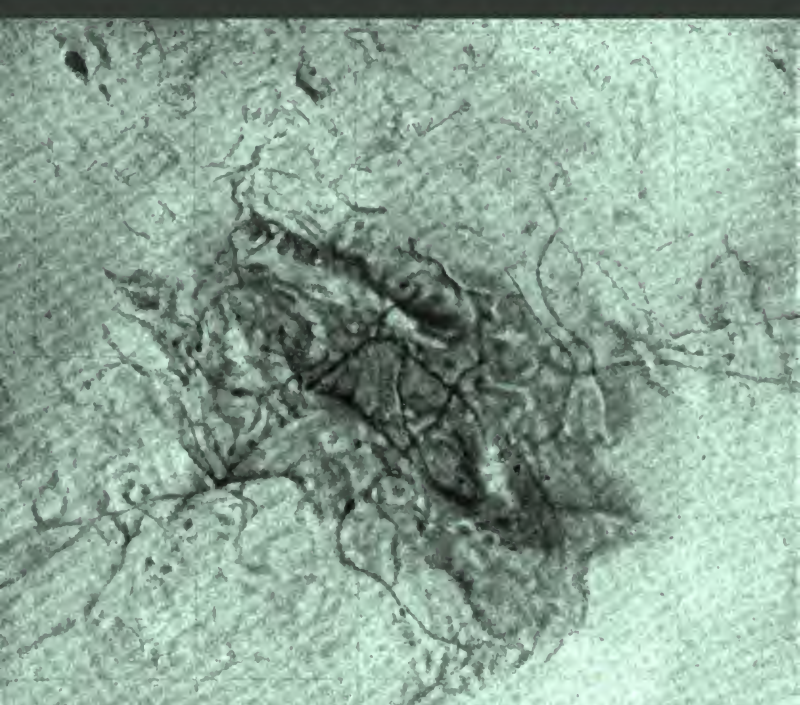


Himmel und Erde

Urania-Gesellschaft

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Illustrirte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Illustrirte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redacteur: **Dr. M. Wilhelm Meyer.**

V. Jahrgang.

BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1893.

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
95803
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1923 L

Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Verzeichnifs der Mitarbeiter

am V. Bande der illustrirten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde".

Barnard, Prof. E. E., Observator der Lick Sternwarte, Mount Hamilton, Californien 89.

Bebber, Prof. Dr. J. W. van, Abtheilungsvorstand der Seewarte in Hamburg 57.

Bezold, Prof. Dr. W. von, Direktor des Meteorologischen Instituts in Berlin 1.

Braunmühl, Prof. Dr. von, in München 493, 541.

Deckert, Dr. E., in Waynesville 105. 170.

Ginzel (*), F. K., Astronom am Recheninstitut der Kgl. Sternwarte in Berlin 94. 96. 145. 184. 185. 187. 200. 228. 242. 272. 301. 365. 387. 427. 473. 517. 578.

Jaensch, Dr., in Berlin 103.

Kassner, Dr. C., Assistent am meteorologischen Institut in Berlin 348.

Körber (Kbr.), Oberlehrer Dr. F. in Berlin 152. 176. 345. 442. 444. 487. 492.

Koppe (M. K.), Oberlehrer M., in Berlin 154.

Lubarsch, Dr. in Berlin 584.

Luzi, Dr. W. in Leipzig 397. 445.

Meyer (M. W. M.), Dr. M. Wilhelm, Direktor der Urania in Berlin 29. 43. 45. 46. 49. 81. 103. 142. 253. 314. 333. 380. 410. 440. 459. 505. 553.

Riccò, Prof. A., Direktor des Observatoriums zu Catania 51.

Samter (Sm.), Dr. H., in Berlin 104. 178. 189. 331. 339. 388. 390. 391. 488. 529. 534. 577. 581.

Rottok, Admiralitätsrat in Berlin 205. 261.

Scheiner, Prof. Dr. J., Astronom am Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam 20. 69. 131.

Schwahn (Schw.), Dr. P., Astronomischer Abtheilungsvorstand der Urania in Berlin 115. 244. 250. 540.

Spies (Sp.), P., Physikalischer Abtheilungsvorstand der Urania in Berlin 147. 203. 236. 296. 346. 532.

Süring (Sg.), Dr., am Meteorologischen Observatorium in Potsdam 195. 204. 342. 530. 531.

Ule, Dr. W., Privatdozent in Halle a. S. 157. 219.

Volkmann, Prof. Dr. P., in Königsberg i. Pr. 349.

Witt (G. W.), G., Astronom an der Urania in Berlin 54. 251. 289. 290. 346. 347. 487. 538. 586.

Digitized by Google

Inhalt des fünften Bandes.

Essais.

Seite

Die Meteorologie als Physik der Atmosphäre. Von Prof. Dr. W. von Bezold in Berlin 1

Die Astronomie des Unsichtbaren. Von Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam 20. 69. 131

Parallelen. Betrachtungen über die einheitlichen Züge im Naturgeschehen. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 29. 81

***Die Hitze im August.** Von Prof. Dr. W. J. van Bebber in Hamburg . 57

***Ueber die Wirkungen der Meereserosion an der atlantischen Küste Nord-Amerikas.** Von Dr. E. Deckert in Waynesville 105. 170

***Ueber die gebirgsbildenden Kräfte.** Von Dr. P. Schwahn in Berlin . . 115

***Land- und Seeklima.** Von Dr. W. Ule in Halle a. S. 157. 219

***Das Meer, seine Erforschung und deren Ergebnisse.** Von Admiralitätsrath Rottok in Berlin 205. 261

Wie haben unsere Voreltern gerechnet? Von F. K. Ginzel in Berlin 228. 272

***Eine Amerikafahrt 1492 und 1892.** Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 253. 314. 380

***Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.** Von F. K. Ginzel in Berlin 301. 365. 427. 473. 517. 565

Mafs und Messen. Von Prof. P. Volkmann in Königsberg i. Pr. . . . 349

***Ueber den Diamant.** Von Dr. W. Luzi in Leipzig 397. 445

***Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter.** Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 410. 459. 505. 553

***Galileo Galilei.** Von Prof. Dr. von Braunmühl in München . . . 493. 541

Mittheilungen.

***Photographie und Mondforschung.** Von G. Witt in Berlin 38

Ueber Marsbeobachtungen während der Jahre 1883—1888. Von Dr. F. Körber in Berlin 41

Einige Neuigkeiten vom Mars. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin . 43

Polariskopische Beobachtung der Venusoberfläche. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 45

Die astronomischen Ursachen der Eiszeit. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 46

***Die Schiffe des Columbus.** Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin . . 49

***Der gegenwärtige Ausbruch des Aetna.** Von Prof. A. Riccò in Catania . 50

Noch einmal der neue Stern im Fuhrmann 53

Neu entdeckter Komet 53

Digitized by Google

Seite

Die Entdeckung eines fünften Jupitersatelliten 53
*Das Okularende des grofsen 36zölligen Refraktors der Lick-Sternwarte. Von Prof. E. E. Barnard, Mount Hamilton 89
Photographie der Sonnenfackeln, Protuberanzen und der Chromosphäre. Von F. K. Ginzel in Berlin 94
Zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893. Von F. K. Ginzel in Berlin 96
Ueber Kälteerzeugung und einige Experimente bei tiefen Temperaturen . . 97
Abermals ein neuer Komet 102
Der fünfte Jupitermond. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin . . . 142
Die Ursachen des neuen Sterns im Fuhrmann. Von F. K. Ginzel in Berlin 145
Ueber neuere Strahlenmessungen. Von P. Spies in Berlin 147
Neue Kometen 151
*Lewis Morris Rutherfurd. Von Dr. F. Körber in Berlin 176
Von der achten Sphäre. Von Dr. H. Samter in Berlin 178
Photographische Entdeckung von Planeten. Von F. K. Ginzel in Berlin . 184
Ueber die Verdoppelung der Marskanäle. Von F. K. Ginzel in Berlin . . 185
*Der Komet Holmes. Von F. K. Ginzel in Berlin 187
*Zur Physik der Atmosphäre. Von Dr. H. Samter in Berlin 189
Die meteorologischen Aufzeichnungen auf dem Eiffelthurme. Von Dr. Süring in Potsdam 195
Die Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik . . 197
*Werner von Siemens. Von P. Spies in Berlin 236
Observatorium auf dem Montblanc. Von F. K. Ginzel in Berlin 242
*Die Katastrophe von Saint Gervais. Von Dr. P. Schwahn in Berlin . . 244
Abermals der Komet Holmes. Von G. Witt in Berlin 289
*Zur Selenographie. Von G. Witt in Berlin 290
Von der Pariser Akademie ertheilte Preise 295
Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit Hertzscher Wellen. Von P. Spies in Berlin 296
Sonnenflecke und magnetische Erscheinungen. Von Dr. H. Samter in Berlin 331
Ueber die Ringbildung als Auflösungsprozefs. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 333
Die Entfernung der Fixsterne. Von Dr. H. Samter in Berlin 339
Der Wärmeaustausch an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre. Von Dr. Süring in Potsdam 342
Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Von F. K. Ginzel in Berlin 387
Zwei Riesenfernrohre. Von Dr. H. Samter in Berlin 388
Vom Elmsfeuer. Von Dr. H. Samter in Berlin 390
Ueber Wasserfallelektrizität. Von Dr. H. Samter in Berlin 391
Berichtigung zu dem Artikel „Ueber die Ringbildung als Auflösungsprozefs“. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 440
Zur Frage nach der Rotationsdauer der Venus. Von Dr. F. Körber in Berlin 442
Der Finlaysche Komet. Von G. Witt in Berlin 487
Aufsteigendes Meteor. Von Dr. F. Körber in Berlin 487
*Ueber die veränderlichen Sterne. Von Dr. H. Samter in Berlin 488
Bringt die Sonne magnetische Stürme hervor? Von Dr. H. Samter in Berlin 529
Witterungs-Typen in Australien. Von Dr. Süring in Potsdam 530
Treibeis in südlichen Breiten. Von Dr. Süring in Potsdam 531
Neues über den elektrischen Lichtbogen. Von P. Spies in Berlin . . . 532

Digitized by Google

Seite

*Das Gesetz der Transformation der Knochen. Von Dr. H. Samter in Berlin 534
Ueber E. E. Barnards Lebensgang 537
Der Luftmangel des Mondes. Von Dr. H. Samter in Berlin 577
Die Schmidtsche Sonnentheorie. Von F. K. Ginzel in Berlin 578
Die Erwärmung der Pflanzenblätter. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 581

Bibliographisches.

Robert Stawell Ball, The story of the heavens. Besprochen von G. Witt in Berlin 54
A. Peter, Wandtafeln zur Systematik, Morphologie und Biologie der Pflanzen für Universitäten und Schulen. Besprochen von Dr. Jaensch in Berlin 103
H. Schneider, Gegen Falbs kritische Tage. Besprochen von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 103
Adrian Balbis allgemeine Erdbeschreibung und A. Hartlebens kleiner Handatlas über alle Theile der Erde. Besprochen von Dr. H. Samter in Berlin . 104
Lamberts Photometrie. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . . 152
Newcomb-Engelmanns populäre Astronomie. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 152
W. Jansen, Die Kreiselbewegung. Untersuchung der Rotation von Körpern, welche in einem Punkte oder garnicht unterstützt sind. Besprochen von Dr. M. Koppe in Berlin 154
Moritz Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. Besprochen von F. K. Ginzel in Berlin 200
Felix Müller, Zeittafeln zur Geschichte der Mathematik, Physik und Astronomie bis zum Jahre 1500. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . 202
Gerland, Geschichte der Physik. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 202
J. G. Valentin, Einleitung in das Studium der modernen Elektrizitätslehre. Besprochen von P. Spies in Berlin 203
G. Pizzighelli, Die Anwendung der Photographie. Dargestellt für Amateure und Touristen. Besprochen von Dr. Süring in Potsdam 204
Die Forschungsreise S. M. S. „Gazelle" in den Jahren 1874 bis 1877 unter dem Kommando des Kapitäu zur See Freiherrn von Schleinitz. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin 250
Mondkarte in 25 Sektionen und 2 Erläuterungstafeln von Wilhelm Gotthelf Lohrmann. Besprochen von G. Witt in Berlin 251
Brester, Théorie du Soleil. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . 345
Annuaire pour l'an 1893 346
Dr. v. Zech, Aufgaben aus der theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. Besprochen von G. Witt in Berlin 346
Carl Heim, Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen mit Gleichstrombetrieb. Besprochen von P. Spies in Berlin 346
Wilhelm Kopske, Die photographische Retouche in ihrem ganzen Umfange. Besprochen von G. Witt in Berlin 347
Hoernes, M., Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft. Besprochen von Dr. C. Kassner in Berlin 348
Dr. R. Lepsius, Geologie von Deutschland und den angrenzenden Gebieten, Band I. Besprochen von G. Maas in Berlin 394
Die Scenerie der Alpen. Von Dr. Eberhard Fraas 395
Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde. Skizzen aus der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten. Von Dr. Hippolyt Haas 396

Digitized by Google

Seite

Webers illustrirte Katechismen. Katechismus der Geologie. Von Dr. Hippolyt Haas 396

Meyers Konversations-Lexikon Heft 1—3. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 444

Das Augenleuchten und die Erfindung des Augenspiegels. Dargestellt in Abhandlungen von v. Brücke, Cumening, v. Helmholtz und Rüte. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 492

Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 492

Arthur Mee, Observational Astronomy. Von G. Witt in Berlin 538

F. Stolze, Photographische Bibliothek, Band I. Die photographische Ortsbestimmung ohne Chronometer 539

Hammer, E., Zeitbestimmung (Uhr-Kontrole) ohne Instrumente durch Benutzung der Ergebnisse einer Landesvermessung. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin 540

Eder, M., Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik, VII. Jahrgang. Besprochen von Dr. Lubarsch in Berlin 584

Ożegowski, A., Die Quadratur des Kreises 586

Ginzel, F. K., Untersuchungen über die Bahn des Olberschen Kometen . . . 586

Verzeichnifs der vom 1. August 1892 bis 1. Februar 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher 298

Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 1. August 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher 587

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben.

Digitized by Google

Namen- und Sachregister

zum fünften Bande.

Aetna, der gegenwärtige Ausbruch des. Von Prof. A. Riccò in Catania 50.

Amerikafahrt, eine, 1492 und 1892. Von Dr. M. Wilhelm Meyer 253, 314, 380.

Annuaire pour l'an 1893. 346.

Astronomie, die, des Unsichtbaren. Von Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam 20. 69. 131.

Atmosphäre, zur Physik der. Von Dr. H. Samter in Berlin 189.

Augenleuchten, das, und die Erfindung des Augenspiegels. Dargestellt in Abhandlungen von v. Brücke, Cumening, v. Helmholtz und Rüte 492.

Balbis, A. Allgemeine Erdbeschreibung 104.

Ball, Robert Stawell. The story of the heavens 54.

Barnards, über E. E., Lebensgang 537.

Berichtigung zu dem Artikel: „Ueber die Ringbildung als Auflösungsprozefs". Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 440.

Brester, Théorie du Soleil 345.

Bücher, Verzeichnifs der v. 1. August 1892 bis 1. Februar 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten 298.

Bücher, Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 1. August 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten 587.

Cantor, Moritz. Vorlesungen über Geschichte der Mathematik 200.

Columbus, die Schiffe des. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 49.

Diamant, über den. Von Dr. W. Luzi in Leipzig 397, 445.

Eder, M., Jahrbuch für Photographie 584.

Eiffelthurm, die meteorologischen Aufzeichnungen auf dem. Von Dr. Süring in Potsdam 195.

Eiszeit, die astronomischen Ursachen der. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 46.

Elmsfeuer, vom. Von Dr. H. Samter in Berlin 390.

Erdschattens, Vergrösserung des, bei Mondfinsternissen. Von F. K. Ginzel in Berlin 387.

Fixsterne, die Entfernung der. Von Dr. H. Samter in Berlin 339.

Fraas, E. Die Scenerie der Alpen 395.

Galileo Galilei. Von Prof. Dr. von Braunmühl in München 493, 541.

Gazelle, die Forschungsreise S. M. S., in den Jahren 1874—1877 unter dem Kommando des Kapitän zur See Freiherrn von Schleinitz 250.

Gebirgsbildenden Kräfte, über die. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 115.

Gerland, Geschichte der Physik 202.

Ginzel, F. K., Olberssche Komet 586.

Hartlebens kleiner Handatlas über alle Theile der Erde 104.

Haas, H. Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde. Skizzen aus der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten 396.

Haas, H. Katechismus der Geologie. Webers illustrirte Katechismen. 396.

Hammer, E. Zeitbestimmung (Uhr-Kontrole) ohne Instrumente durch Benutzung der Ergebnisse einer Landesvermessung 540.

Heim, Carl. Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen mit Gleichstrombetrieb 346.

Hertzscher Wellen, über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Von P. Spies in Berlin 296.

Digitized by Google

Hitze, die, im August 1892. Von Prof. Dr. van Bebber in Hamburg 57.
Hoernes, M. Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft 348.
Jansen, W. Die Kreiselbewegung 154.
Jupitermond, der fünfte. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 142.
Jupitersatelliten, die Entdeckung eines fünften 53.
Kälteerzeugung, über, und einige Experimente bei tiefen Temperaturen 97.
Knochen, Gesetz der Transformation der. Von Dr. H. Samter in Berlin 534.
Komet, abermals ein neuer 102.
Komet Holmes, abermals der. Von G. Witt in Berlin 289.
Komet, der Finlaysche. Von G. Witt in Berlin 487.
Komet Holmes. Von F. K. Ginzel in Berlin 187.
Kometen, neue 151.
Komet, neuentdeckter 53.
Kopske, W. Die photographische Retouche in ihrem ganzen Umfange 347.
Lamberts Photometrie 152.
Land- und Seeklima. Von Dr. W. Ule in Halle a. S. 157, 219.
Lepsius, R. Geologie von Deutschland und den angrenzenden Gebieten 394.
Lichtbogen, neues über den elektrischen. Von P. Spies in Berlin 532.
Mafs und Messen. Von Prof. P. Volkmann in Königsberg i. Pr. 349.
Marsbeobachtungen, über, während der Jahre 1883—1888. Von Dr. F. Körber in Berlin 41.
Mars, einige Neuigkeiten vom. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 43.
Marskanäle, über die Verdoppelung der. Von F. K. Ginzel in Berlin 185.
Mars, über die physische Beschaffenheit des Planeten, nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 410, 459, 505, 553.
Mee, Arthur. Observational Astronomy 538.
Meer, das, seine Erforschung und deren Ergebnisse. Von Admiralitätsrath Rottok in Berlin 205, 261.
Meereserosion, über die Wirkungen der, an der atlantischen Küste Nord-Amerikas. Von Dr. E. Deckert in Waynesville 105, 170.
Meteor, aufsteigendes. Von Dr. F. Körber in Berlin 487.
Meteorologie, die, als Physik der Atmosphäre. Von Prof. W. von Bezold in Berlin 1.
Meyers Konversations-Lexicon 444.
Mondkarte in 25 Sektionen und zwei Erläuterungstafeln. Von W. G. Lohrmann 251.
Montblanc, Observatorium auf dem. Von F. K. Ginzel in Berlin 242.
Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie 152.
Okularende, das, des grofsen 36-zölligen Refraktors der Lick-Sternwarte. Von Prof. E. E. Barnard, Mount Hamilton 89.
Ożegowski, A., Die Quadratur des Kreises 586.
Parallelen. Betrachtungen über die einheitlichen Züge im Naturgeschehen. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 29, 81.
Peter, A. Wandtafel zur Systematik, Morphologie und Biologie der Pflanzen für Universitäten und Schulen 103.
Pizzighelli, G. Die Anwendungen der Photographie. Dargestellt für Amateure und Touristen 204.
Planeten, photographische Entdeckung von. Von F. K. Ginzel in Berlin 184.
Photographie und Mondforschung. Von G. Witt in Berlin 38.
Preise, von der Pariser Akademie ertheilte 295.
Riesenfernrohre, zwei. Von Dr. H. Samter in Berlin 388.
Ringbildung, über die, als Auflösungsprozefs. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 333.
Rutherfurd, Lewis, Morris. Von Dr. F. Körber in Berlin 176.
Saint Gervais, die Katastrophe von. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 244.

Digitized by Google

Schneider, H. Gegen Falbs kritische Tage 103.

Selenographie, zur. Von G. Witt in Berlin 290.

Siemens, Werner von. Von P. Spies in Berlin 236.

Sonnenfackeln, Protuberanzen und Chromosphäre, Photrographie der. Von F. K. Ginzel in Berlin 94.

Sonnenflecke und magnetische Erscheinungen. Von Dr. H. Samter in Berlin 331.

Sonnenfinsternifs, zur Beobachtung der totalen, am 16. April 1893. Von F. K. Ginzel in Berlin 96.

Sphäre, von der achten. Von Dr. H. Samter in Berlin 178.

Sterns, die Ursachen des neuen, im Fuhrmann. Von F. K. Ginzel in Berlin 145.

Stern, noch einmal der neue, im Fuhrmann 53.

Sterne, über die veränderlichen. Von Dr. H. Samter in Berlin 488.

Stolze, F. Photographische Bibliothek. Band I. Die photographische Ortsbestimmung ohne Chronometer 539.

Strahlenmessungen, über neuere. Von P. Spies in Berlin 147.

Stürme, bringt die Sonne magnetische, hervor? Von Dr. H. Samter in Berlin 529.

Treibeis in südlichen Breiten. Von Dr. Süring in Potsdam 531.

Vereinigung, die, von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik 197.

Venus, zur Frage nach der Rotationsdauer der. Von Dr. F. Körber in Berlin 442.

Wärmeaustausch, der, an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre. Von Dr. Süring in Potsdam 342.

Wallentin, Einleitung in das Studium der modernen Elektrizitätslehre 203.

Wasserfallelektrizität, über. Von Dr. H. Samter in Berlin 391.

Wie haben unsere Voreltern gerechnet? Von F. K. Ginzel in Berlin 228, 272.

Welt, die Entstehung der, nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart. Von F. K. Ginzel in Berlin 301, 365, 427, 473, 517, 565.

Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften 492.

Witterungs-Typen in Australien Von Dr. Süring in Potsdam 530.

Zech, von, Aufgaben aus der theoretischen Mechanik nebst Auflösungen 346.

Digitized by Google

Digitized by Google

Lichtdruck der „Reproduction", Berlin.

Die Schiffe des Columbus. Gezeichnet von H. Harder.

Digitized by Google

An unsere Leser!

Wie üblich, richten wir auch beim Beginn unseres fünften Jahrganges begrüfsende Worte an unsere Leser, die, rings um den Erdball zerstreut, den Fortschritten der von uns vertretenen Wissenschaften ihr Interesse zuwenden.

Eine Anzahl von Namen hervorragenden Klanges, wie die der Herren Professoren Penck in Wien, Pernter in Innsbruck, Preyer in Berlin, Riccò in Catania, Max Schmidt in München, Volkmann in Königsberg, welche der soeben abgeschlossene vierte Jahrgang als neue Mitarbeiter zu verzeichnen hat und die uns mit werthvollen Ueberblicken ihrer eigenen Forschungen bereicherten, giebt uns die erfreuliche Bürgschaft, dafs unsere Bestrebungen in immer weiteren Kreisen bevorzugter Denker und Forscher Anerkennung und lebhafteste Unterstützung finden. Wir können deshalb mit Zuversicht auf ferneren guten Erfolg unsere nicht ganz leichte Aufgabe weiter verfolgen, ausschliefslich aus der Feder betreffender Fachforscher gemeinverständliche, überblickende Original-Artikel über deren Arbeitsgebiet und die allgemeineren Gesichtspunkte zu geben, von denen die spezielleren Forschungen derselben ausgingen oder angeregt wurden. So bringt unser erstes Heft bereits einen entsprechenden Artikel von Prof. von Bezold, dem Direktor des kgl. Meteorologischen Instituts in Berlin, über die neuen Aufgaben der theoretischen Meteorologie, der „Physik der Atmosphäre", denen sich der genannte Forscher bekanntlich mit besonderem Erfolge seit Jahren widmet; dann einen anderen Artikel von dem unseren Lesern schon seit unserm ersten Erscheinen bekannten Dr. Scheiner in Potsdam über die „Astronomie des Unsichtbaren", in welchem Gebiete der bekannte Gelehrte im Verein mit seinem berühmten Chef, Professor Vogel, hochinteressante Entdeckungen zu Tage gefördert hat. Unter den kleineren Mittheilungen ist ein mit Holzschnitten nach photographischen Originalaufnahmen versehener Bericht von Prof. Riccò in Catania über dessen Beobachtung des neuesten Aetna-Ausbruchs zu nennen.

Digitized by Google

Nach wie vor werden wir künstlerisch wie technisch die gröfste Sorgfalt auf die Illustrirung unserer Zeitschrift verwenden, wovon das vorliegende Heft eine Probe ablegt.

Wenn wir nun einerseits auf die fortdauernde Unterstützung unserer werthen Mitarbeiter mit voller Bestimmtheit rechnen können, so hoffen wir andererseits, dafs auch unser bisheriger Leserkreis uns nicht nur treu bleiben, sondern auch sich noch weiter vergröfsern wird. Wir wagen in dieser Hinsicht die Bitte an all unsere Freunde, für unser schwieriges Unternehmen nach besten Kräften in weiteren Freundeskreisen Propaganda zu machen. Jede Vermehrung unserer Einnahmen durch Vergröfserung unserer Abonnentenzahl kommt ganz direkt und ausschliefslich der reicheren Ausstattung der Zeitschrift zugute, da unser Unternehmen ja bekanntlich in keiner Richtung hin von irgend einer kaufmännischen Spekulation beeinflusst wird; weder der Verleger noch die Redaktion hat für ihre Mühewaltung durch die Zeitschrift irgend welche besonderen Einkünfte. Jede Erweiterung unserer Einnahmen bedeutet also ganz direkt eine Verbesserung und Vervollkommnung unserer Darbietungen gegenüber unseren Abonnenten.

Dafs die Redaktion gegenwärtig ganz besonders ihr Augenmerk auf eine für immer breitere Schichten allgemein verständliche Darstellung richtet, haben wohl schon die letzten Hefte des abgeschlossenen Jahrganges bewiesen. Es ist zweifellos, dafs diese Aufgabe ihr fernerhin in noch immer höherem Maafse gelingen wird, je mehr sich unser Mitarbeiterkreis erweitert. Die Zeitschrift ist deshalb in ihrer heutigen Gestalt im stande, den Kreis ihrer Freunde noch weit über die bisher gesteckten Grenzen auszudehnen und wir hoffen in diesem Sinne auf allseitige thatkräftige Mitwirkung.

Berlin, September 1892.

Die Redaktion.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Die Meteorologie als Physik der Atmosphäre.

Von Wilhelm von Bezold.*)

Bis zu der Mitte unseres Jahrhunderts ruhte die Meteorologie im wesentlichen auf geographisch-statistischer Grundlage, und die Arbeiten eines Alexander von Humboldt, eines Dove und Anderer gelten weit mehr der Erforschung des Klimas, als der eigentlichen Witterungskunde.

Erst als man in den fünfziger Jahren anfing, sich von der bis dahin beinahe ausschliefslich gepflegten Betrachtung der Mittelwerthe frei zu machen und den Zustand der Atmosphäre für bestimmte, in gleichen Intervallen aufeinanderfolgende Zeitpunkte ins Auge zu fassen und in den sogenannten Wetterkarten festzuhalten, konnte man das Wetter im strengen Sinne des Wortes zum Gegenstande des Studiums machen, und erst von dieser Zeit an trägt die Meteorologie, die früher vorzugsweise nur Klimatologie war, ihren Namen mit vollem Recht.

Diese veränderte Auffassung wies aber mit Nothwendigkeit auf eine eingehendere und strengere Untersuchung der atmosphärischen Vorgänge hin, als sie früher überhaupt möglich war; sie drängte dahin, die Sätze der allgemeinen Mechanik sowie der Thermodynamik (mechanische Wärmetheorie) auf meteorologische Probleme anzuwenden.

So entwickelte sich ein neues Gebiet der Forschung, welches in Amerika, wo diese neue Richtung, dank den bahnbrechenden Arbeiten des erst vor einem Jahre verstorbenen hochverdienten William Ferrel, ihre Heimath hatte, mit dem Namen der „dynamischen Meteorologie"

*) Nach seinem am 7. Juni 1892 auf der VI. Allgemeinen Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Braunschweig gehaltenen Vortrag für „Himmel und Erde" bearbeitet.

Digitized by Google

belegt wurde, das man jedoch besser kurzweg als „theoretische Meteorologie“ bezeichnen kann.

Während hierbei europäische Forscher, wie Reye, Hann, Guldberg, Mohn u. s. w. erst allmählich mit auf den Kampfplatz traten, nehmen derartige Untersuchungen in den Schriften der Gegenwart von Jahr zu Jahr breiteren Raum ein.

Dies mag zum Theil dem Umstande zuzuschreiben sein, dafs das im Jahre 1885 erschienene Lehrbuch der Meteorologie von Sprung die bis dahin verstreuten und nur schwer zugänglichen Arbeiten der genannten Gelehrten erst weiteren Kreisen zur Kenntnifs brachte, vor allem aber dem allgemeinen Zuge unserer Zeit, die streng mathematisch physikalische Methode auf immer weitere Kreise auszudehnen.

Mit der intensiveren Aufnahme dieser Art der Betrachtung ist aber schon im Laufe weniger Jahre in der Meteorologie eine wesentliche Aenderung und Klärung unserer Anschauungen eingetreten, die andererseits wieder auf Reihen neuer Fragen geführt hat, deren glückliche Lösung nur von dem Zusammenwirken des Theoretikers und des Beobachters zu erwarten ist.

Es möge deshalb gestattet sein, hier in Kürze die Aufgaben zu schildern, mit welchen sich die theoretische Forschung im Augenblicke beschäftigt, und zugleich anzudeuten, welche neuen Aufgaben aus der hierdurch nicht unwesentlich veränderten Fragestellung der beobachtenden Meteorologie erwachsen.

Hier ist es nun vor allem ein Punkt, der die Aufmerksamkeit gegenwärtig ganz besonders in Anspruch nimmt: „die Lehre von der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre.“

Wie bekannt, hatte man sich von dieser allgemeinen Zirkulation früher eine höchst einfache Vorstellung gebildet.

Man glaubte das Schema von einem unteren nach dem Aequator und einem oberen nach den Polen hinfliefsenden Strome, wie man es in den Gebieten der tropischen Meere innerhalb der Passatregion hatte kennen lernen, einfach auf die ganze Atmosphäre übertragen zu dürfen und erblickte in der Lehre von einem Aequatorial- und einem Polarstrome den Schlüssel zur Erklärung der gesamten Witterungserscheinungen.

Als man aber damit begonnen hatte, Wetterkarten zu zeichnen, und aus ihnen ersah, dafs die sogenannte Passattheorie wenigstens für mittlere und höhere Breiten nicht ausreichend sei, sondern dafs es vielmehr die Entstehung und Fortbewegung von Gebieten tieferen und höheren Luftdruckes, der sogenannten barometrischen Minima und

Digitized by Google

Maxima seien, welche den Charakter des Wetters bedingen, da warf man die alte Lehre beiseite und wendete sich mit aller Kraft der Erforschung der Vorgänge in diesen Gebilden zu.

Man erkannte, dafs die barometrischen Minima oder Depressionen, die man wegen der Art, wie sie von dem Winde umkreist werden, und die im wesentlichen mit jener der eigentlichen Wirbelstürme zusammenfällt, auch Cyklonen nennt, Gebiete aufsteigenden Luftstromes seien, während man es umgekehrt in den Gebieten hohen Luftdrucks, den sogenannten Maxima oder Anticyklonen, mit einem absteigenden Strome zu thun hat.

Zugleich fand die Eigenthümlichkeit, dafs die Depressionen die Träger trüben, niederschlagsreichen Wetters sind, während in den Anticyklonen der Himmel heiter und die Luft — abgesehen von den zur kalten Tages- und Jahreszeit auftretenden Nebeln in den tiefsten Schichten derselben — trocken ist, ihre einfache und naturgemäfse Erklärung in dem auf- oder absteigenden Strome, wie man dies durch die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die Föhnerscheinungen hatte kennen lernen.

Da sich aufserdem zeigte, dafs die Cyklonen mit Vorliebe relativ warme Gebiete aufsuchen, während sich die barometrischen Maxima vorzugsweise über verhältnifsmäfsig kühler Unterlage entwickeln, also im Sommer über den Meeren, im Winter über den Festländern, insbesondere über dem grofsen nordasiatischen Kontinent, so lag nichts näher als der Gedanke, den Grund dieser Erscheinungen einfach in den lokalen Erwärmungen und Abkühlungen zu suchen.

Thatsächlich hatte es auch bis vor kurzem den Anschein, als ob solche lokale Erwärmung über einzelnen Theilen der Erdoberfläche im Vereine mit reichlicher Feuchtigkeit, sowie Abkühlung an anderen Stellen unter Mitwirkung der ablenkenden Kraft der Erdrotation vollkommen ausreichend seien, um die Entstehung der Cyklonen und Anticyklonen zu erklären, während man in dem Nachströmen wärmerer Luft an der einen Seite der Cyklone den Grund für die eigenartige Fortpflanzung des ganzen Gebildes erblickte.

Dem Ausbau dieser Lehre, der sogenannten Konvektionstheorie, war die Forschung während der letzten Jahrzehnte vorzugsweise gewidmet, und insbesondere waren es die Cyklonen, die man stets als das dominirende Element betrachtete — spricht man doch in jedem Wetterbericht vor allem von der Lage und dem Weiterschreiten der Depressionen —, auf welche Ferrel zuerst die Hülfsmittel der mathematischen Analysis anwandte.

Digitized by Google

Freilich handelte es sich hierbei um aufserordentlich schwierige und verwickelte Aufgaben, an deren Lösung man nur unter vereinfachenden Voraussetzungen herantreten konnte.

Indem man aber die Cyklone als ein gegebenes Gebilde betrachtete und sich darauf beschränkte, die Bedingungen zu erforschen, welche zu deren Fortbestehen beziehungsweise zu der fortgesetzten Neubildung, sowie zu der gleichförmigen Fortbewegung erfüllt sein müssen, indem man ferner sowohl die Bewegungsvorgänge als auch die thermischen für sich allein betrachtete, gelang es, Reihen wichtiger Sätze aufzustellen.

So gab man sich noch vor wenigen Jahren der Meinung hin, als ob man in diesem Zweige der Wissenschaft wenn auch nicht im Einzelnen, so doch der Hauptsache nach zu einem gewissen Abschlufs gekommen sei und es sich nur darum handle, den zu Grunde liegenden Gedanken mehr und mehr zu verfolgen und auszubauen.

Freilich gab es immer noch eine gewichtige Frage, auf welche die Konvektionstheorie die Antwort schuldig blieb. Wenn sich nämlich auch die Thatsache, dafs die Depressionen im allgemeinen ganz bestimmte Wege einschlagen, ungezwungen mit ihren Anschauungen vereinigen liefs, so blieb doch das fortgesetzte Entstehen neuer Cyklonen nach ziemlich gleichen Zeiträumen völlig unerklärt.

Wenn dies aber auch ein Mangel war, so konnte er doch nicht als ein Einwurf gegen die Richtigkeit der ganzen Theorie angesehen werden, da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dafs irgend eine neue Beobachtung oder auch ein glücklicher Einfall die Lösung des Räthsels bringen würde.

Dagegen haben seit einigen Jahren die an den Hochstationen gewonnenen Ergebnisse, und zwar vor allem die von Hann in Wien meisterhaft bearbeiteten Beobachtungen vom Sonnblick in den hohen Tauern (3100 m Meereshöhe), thatsächlich gewichtige Einwände gegen die vollkommene Zulänglichkeit der bisher angenommenen Lehre an den Tag gefördert.

Sollen nämlich die Luftverdünnung, wie sie sich in dem niedrigen Stande des Barometers im Innern der Cyklone kundgiebt, oder die Luftverdichtung im Innern der Anticyklone thatsächlich die ersten Ursachen der Erscheinungen sein, die dann erst das Auf- oder Absteigen der Luft in diesen Räumen zur Folge haben und damit die Gesamtheit der in diesen Gebilden beobachteten Vorgänge, dann mufs unbedingt die Luftsäule in der Cyklone eine höhere Temperatur besitzen als in der Anticyklone.

Digitized by Google

Ist dies aber nicht der Fall, dann mufs die Luftverdünnung im Innern der Depression eine Folge der Wirbelbewegung sein und nicht diese Bewegung Folge der Verdünnung, dann mufs es sich vielmehr ähnlich verhalten wie bei einem Centrifugalgebläse, bei welchem durch die Rotation die Luft ringsum hinausgeschleudert und dadurch im Innern eine Verdünnung und somit ein Nachsaugen hervorgebracht wird.

So lange man nur Beobachtungen aus tiefer liegenden Schichten, also die Beobachtungen der gewöhnlichen meteorologischen Stationen zu Rathe zog, schienen die ersterwähnten Bedingungen erfüllt, da, wie schon bemerkt, die Cyklonen im allgemeinen verhältnifsmäfsig warme, die Anticyklonen kalte Stellen der Erdoberfläche aufsuchen.

Dagegen lehren die Beobachtungen der Hochstationen, und vor allem die auf dem Sonnblick gewonnenen, dafs bei Berücksichtigung der höheren Schichten sich die Verhältnisse häufig in das Gegentheil verwandeln und dafs nicht selten die ganze Luftsäule im Innern der Anticyklone, soweit sie der Beobachtung zugänglich ist, viel wärmer ist als im Innern der benachbarten Depressionen.

Diese Thatsachen, die überdies mit den Grundlehren der mechanischen Wärmetheorie im vollsten Einklange stehen, zwingen nun unabweisbar dazu, die ganze bisher vorgetragene Lehre von der Entstehung der Cyklonen und Anticyklonen einer gründlichen Revision zu unterziehen.

Hierbei wird man genöthigt sein, die allgemeine Zirkulation, die man unter der Herrschaft der alten Passattheorie als das allein mafsgebende angesehen, dann aber Jahrzehnte hindurch gänzlich beiseite gesetzt hatte, wieder mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen und zu suchen, inwiefern sich zwischen ihr und der Konvektionstheorie, die gewifs in vielen Punkten das Richtige getroffen hat, eine Verbindung herstellen läfst.

Dabei handelt es sich ebensowohl um Berichtigung, Vervollständigung und Erweiterung der Theorie, als um Beschaffung neuen Beobachtungsmaterials.

Es ist kaum möglich, dem Fernerstehenden eine Vorstellung davon zu geben, in welcher Weise man bei derartigen theoretischen Untersuchungen zu Werke geht, und so mag nur bemerkt werden, dafs man eben zunächst möglichst vereinfachende Annahmen macht und dann erst allmählich mehr und mehr Nebenumstände mit in Betracht zieht, um sich so der Wahrheit schrittweise zu nähern.

So hat man z. B., wie schon bemerkt, bisher Cyklone und Anticyklone als für sich bestehende Gebilde betrachtet, ohne, abgesehen von der Reibung am Erdboden, Kräfte in Rechnung zu ziehen, welche

Digitized by Google

von aufsen her auf sie einwirken, und doch mufs man dies, sobald man den Einflufs der allgemeinen Zirkulation berücksichtigen will.

Desgleichen hat man bei diesen Untersuchungen nicht in Rechnung gezogen, dafs ein Theil der Cyklone der unteren trockenen Luft angehört, der andere der Wolkenregion, und dafs sich beim Eintritt in die letztere mit einem Sprunge ganz andere Verhältnisse geltend machen, die auch auf die Bewegungen ihren Einflufs äufsern müssen. Auch die Wärme-Aufnahme oder Abgabe an der oberen Grenze der Wolken hat man bei den theoretischen Untersuchungen bis jetzt ganz unbeachtet gelassen, obwohl es sich gerade hier um Vorgänge von einschneidender Bedeutung handelt.

Es kann freilich verwegen erscheinen, auch nur versuchen zu wollen, sich von den bisher auferlegten Beschränkungen frei zu machen und alle genannten Umstände zu berücksichtigen, da die Aufgaben in solcher Allgemeinheit schwieriger und verwickelter werden als irgend welche Probleme der theoretischen Astronomie oder der mathematischen Physik, deren Lösung bis jetzt dem menschlichen Scharfsinn gelungen ist.

Trotz alledem darf man nicht daran verzweifeln, auch auf diesem Gebiete wenigstens so weit vorzudringen, als nothwendig ist, um über die wesentlichsten Punkte ins Klare zu kommen, und zwar dürften gerade Betrachtungen von ganz allgemeinen Gesichtspunkten aus hier mehr Erfolg versprechen als solche, bei denen man sich in der Fülle der Einzelheiten verirrt.

Gestattet doch z. B. das Prinzip von der Erhaltung der Kraft nicht selten, Fragen von grofser Allgemeinheit streng zu lösen und hinsichtlich des Endergebnisses präzise zu beantworten, während man noch lange nicht im stande ist, die Fäden zu entwirren, welche die Einzelerscheinungen mit einander verknüpfen.

Und ähnlich verhält es sich mit anderen Sätzen der allgemeinen Mechanik oder der Thermodynamik.

So genügen z. B. höchst einfache Betrachtungen, um nachzuweisen, dafs der grofse Kreislauf, oder wenn man die in der mechanischen Wärmetheorie gebräuchliche Bezeichnung wählt, der grofse Kreisprozefs, wie man ihn in der allgemeinen Zirkulation vor sich hat und wie er sich im wesentlichen innerhalb der tropischen und subtropischen Zone abspielt, und die kleineren Kreisprozesse, wie sie in höheren Breiten bei dem Luft-Austausche zwischen Cyklone und Anticyklone durchlaufen werden, wesentlich verschiedener Natur sind. Bei dem ersteren wird Wärme in Arbeit verwandelt, bei den letzteren Arbeit

Digitized by Google

in Wärme, und eben die bei dem grofsen Kreislaufe gewonnenen Bewegungen sind es, welche wenigstens zum Theile die kleinen Kreisprozesse unterhalten.

In ähnlicher Weise lassen sich höchst wichtige Schlüsse aus der einfachen Ueberlegung ziehen, dafs man es bei den atmosphärischen Vorgängen, sofern man ihre Durchschnittswerthe betrachtet, im allgemeinen mit sogenannten stationären oder strenger gesprochen mit periodisch stationären Zuständen zu thun hat.

Man nennt nämlich einen Bewegungszustand stationär, wenn die Bewegungen in irgend einem Systeme von Punkten so erfolgen, dafs an die Stelle eines jeden sich weiter bewegenden Massentheilchens immer wieder neue treten, die sich genau in derselben Weise bewegen, so dafs das ganze System als solches immer in dem nämlichen Zustande verbleibt, obwohl die einzelnen Theilchen derselben in Bewegung sind.

Wenn sich z. B. ein Schwungrad mit stets gleich bleibender Geschwindigkeit um seine Axe dreht, so ist dies ein stationärer Vorgang; wenn der Wasserstand in einem Flusse der gleiche bleibt, also jederzeit ebensoviel Wasser zuströmt als abfliefst, so hat man einen stationären Zustand vor sich, und zwar einen stationären Strom. Das Gleiche gilt von der Bewegung des Wassers oder des Gases in Leitungen, sofern Wasserlieferung und Gasproduktion sowie Konsum unverändert bleiben.

In allen solchen Fällen hat man es mit einem gewissen Gleichgewichtszustand zu thun, obgleich kein Gleichgewicht im engeren Sinne des Wortes vorhanden ist, da Bewegungen vor sich gehen und die einzelnen Theilchen nicht in Ruhe sind.

Das Schwungrad, das man sich, um das Beispiel ganz treffend zu machen, als volle Scheibe denken kann, bietet dem Beschauer, so lange er nicht ganz nahe kommt, den Eindruck vollkommener Ruhe, der Flufs als solcher bleibt an seiner Stelle, obwohl die Wassertheilchen, welche ihn bilden, sich bewegen, sich stets erneuern.

Sind die hier geschilderten Bedingungen nicht genau erfüllt, bleibt das System als solches nicht unverändert, kehrt es aber nach bestimmten, gleich langen Zeitintervallen immer und immer wieder auf gleiche Weise in denselben Zustand zurück, dann kann man den Vorgang als einen periodisch stationären bezeichnen.

Eine Dampfmaschine, und zwar am besten eine feststehende, in der sich bei jedem Kolbenhube dasselbe Spiel wiederholt, und die in gleichen Zeiten bei gleichem Brennmaterialverbrauche stets gleiche Arbeit leistet, bietet ein vorzügliches Bild für einen solchen periodisch statio-

Digitized by Google

nären Zustand. Desgleichen die Vorgänge in einer Gasleitung, welche während der Tagesstunden nur von einem schwachen Strome durchflossen wird, der allabendlich mit dem zunehmenden Verbrauche an Stärke wachsen mufs, um in den Morgenstunden wieder schwächer und schwächer zu werden.

Mit ähnlichen periodisch stationären Vorgängen hat man es nun in der Meteorologie, sofern man die Durchschnitte ins Auge fafst, beinahe allenthalben zu thun.

So erhält z. B. die Erde während eines Jahres im Durchschnitt genau ebensoviel Wärme von der Sonne, als sie durch Ausstrahlung an den Weltraum verliert: denn wäre dies nicht der Fall, so müfste sie fortgesetzt wärmer oder kälter werden, was doch nachweisbar nicht der Fall ist, sofern man die Untersuchung auf historische Zeiträume beschränkt und nicht etwa nach Hunderttausenden von Jahren rechnet, wie dies die Geologen thun. Dabei überwiegt an einzelnen Stellen der Erde, und zu bestimmten Jahres- und Tageszeiten, die Einstrahlung, an anderen Stellen und zu anderen Zeiten die Ausstrahlung, und so gewährt uns der Wärmehaushalt der Erde das Bild einer periodisch stationären Wärmebewegung, die zwar regelmäfsig wiederkehrenden Veränderungen unterworfen ist, aber dennoch im grofsen und ganzen einen gewissen Beharrungszustand darstellt.

Aehnlich verhält es sich mit den Strömungen der Atmosphäre, die sich nach Abstreifen der Einzelheiten und Zufälligkeiten ebenfalls als periodisch stationäre Vorgänge auffassen lassen.

Nun kann man aber für die stationären Bewegungen und Strömungen ganz allgemeine Sätze aufstellen, die sich in ihrer Anwendung auf die Meteorologie als aufserordentlich fruchtbar erweisen dürften.

Und ob uns auch schwindeln mag bei dem Gedanken an die verschlungenen Bahnen, welche ein Lufttheilchen zurückzulegen hat, wenn es am Aequator aufsteigend nach Ueberschreiten des Wendekreises wieder herabsinkt, um in einen der grofsen, die Polarkalotten von Westen nach Osten umkreisenden Wirbel hineingezogen zu werden und schliefslich nach mehrfachem Auf- und Absteigen in Cyklonen und Anticyklonen, nach oftmals wiederholter Wärme-Aufnahme und Abgabe wieder an den Ausgangspunkt zurückzukehren, so dürfen wir doch den Muth nicht sinken lassen und müssen es wenigstens versuchen, dasselbe, gestützt auf die Grundlage der Physik, an der Hand streng mathematischen Denkens auf seinen Wegen zu begleiten.

Freilich heifst es dabei vorsichtig weiterschreiten, jeden Schlufs

Digitized by Google

sorgfältig erwägen, und mit unerbittlicher Kritik an der Hand der Thatsachen prüfen.

Und wenn wir auch in der Meteorologie nicht in der gleichen Lage sind, wie die Mitglieder der Accademia del Cimento, denen wir bekanntlich auch die ersten meteorologischen Instrumente verdanken, und die ganz im Geiste ihres Lehrers und Vorgängers Galilei die experimentelle Prüfung eines jeden Schlusses auf ihre Fahne geschrieben hatten, so gilt ihr Wahlspruch „provando e riprovando" d. h. „durch Versuche und wiederholte Versuche" in gewissem Sinne doch auch für uns.

Experimente anzustellen ist dem Meteorologen freilich versagt, aber er kann wenigstens die Richtigkeit seiner Schlüsse an den Erscheinungen prüfen, wie sie sich eben der Beobachtung darbieten, und wenn wir dies nur ernst und ehrlich thun, dann dürfen wir sicher hoffen, wenn auch erst in ferner Zeit, so doch endlich einmal das vorgesteckte Ziel zu erreichen oder wenigstens die Bahn zu ebnen, die einstmals dahin führen wird.

Freilich bedarf es hierzu verschiedener Erweiterungen des Beobachtungsprogrammes, mit welchen man schon da und dort in bescheidenem Mafse begonnen, die aber immer energischer in Angriff genommen werden müssen, wenn man den Aufgaben gerecht werden will, welche die Forschung heute an uns stellt.

Nach welcher Seite hin diese Erweiterung in erster Linie erfolgen mufs, liegt auf der Hand. Die Konvektionstheorie, die wir eben als einer Revision bedürftig haben kennen lernen, wurde im wesentlichen auf Grundlage von Beobachtungen entwickelt, die an der Erdoberfläche angestellt waren.

Sowie man anfing mit den Beobachtungsstationen in höhere und höhere Schichten vorzudringen, zeigten sich Mängel, deren Beseitigung zur Zeit noch nicht vollständig gelungen ist.

Man wird demnach ganz von selbst darauf geführt, den Beobachtungen in höheren Theilen der Atmosphäre mehr und mehr die Aufmerksamkeit zu schenken.

Hierbei genügt es aber nicht, die Zahl der Bergobservatorien zu vermehren, so wünschenswerth dies auch an sich ist, sondern hier gilt es vor allem mit unsern Hülfsmitteln einzudringen in das eigentliche Gebiet unserer Forschung, in die freie Atmosphäre.

Die Verhältnisse an Gipfelstationen bilden nämlich immer nur einen Uebergang von jenen der Tieflandsstationen zu jenen der höheren Regionen, denn alle dort gewonnenen Beobachtungen stehen

Digitized by Google

immer noch in hohem Grade in Abhängigkeit von den Einflüssen der Erdoberfläche, die sich ja selbst bei den steilsten Gebirgen doch immer nur allmählich zum Gipfel erhebt, wie jede gute Reliefkarte lehrt. Erst wenn wir über Sinn und Gröfse der Unterschiede genau unterrichtet sind, welche zwischen den im Innern des Luftmeeres und den auf Gebirgsstationen gewonnenen Beobachtungen bestehen, erhalten die letzteren ihren wahren Werth.

Zur Ermittelung dieser Unterschiede, zur Erforschung der Verhältnisse in der freien Atmosphäre giebt es aber kein anderes Hülfsmittel als den Luftballon, dem die Gebirgsstationen sowie die Wolkenbeobachtungen nur ergänzend zur Seite treten können.

Ueberdies hat der Luftballon für die Meteorologie erst in allerjüngster Zeit seine wahre Bedeutung erhalten, seitdem es dem Scharfsinn Assmanns gelungen ist, die grofsen Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich der genauen Ermittelung von Temperatur und Feuchtigkeit bei Luftfahrten bisher entgegengestellt hatten.

Es ist dem Fernerstehenden wohl kaum bekannt, dafs selbst die einwurfsfreie Bestimmung der Lufttemperatur unter den gewöhnlichen Verhältnissen bis vor wenigen Jahren noch ein ungelöstes Problem war, obwohl man die Beobachtung der Temperaturen von jeher als eine der wichtigsten Aufgaben der meteorologischen Stationen betrachtet hat.

Der Stand eines der Luft ausgesetzten Thermometers hängt nämlich nicht allein von der Temperatur der umgebenden Luft ab, sondern auch davon, in welchem Mafse dasselbe durch Ein- oder Ausstrahlung beeinflufst wird. Dafs selbst benachbarte Thermometer im Sonnenschein je nach ihrer Beschaffenheit und je nach der ihrer nächsten Umgebung ganz verschiedene Stände zeigen können, dafs die Farbe benachbarter Wände und unzählige andere Nebenumstände hierbei eine wesentliche Rolle spielen, ist längst bekannt. Man hat deshalb auch schon von jeher diese Instrumente im Schatten eines Hauses, oder unter besonderen schattengebenden Vorrichtungen — Thermometerhütten — aufgehängt.

Aber selbst wenn man ein Thermometer vor der Nordwand eines Hauses angebracht hat, und wenn dieses Haus so glücklich liegt, dafs auch die Morgen- und Abendsonne sogar im Hochsommer durch benachbarte aber ja nicht all zu nahe gelegene Gebäude oder Häuser abgehalten wird, so sind doch die Strahlungseinflüsse noch nicht vollständig gehoben.

Denn ebenso wie das Thermometer durch Bestrahlung von der Sonne über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt wird, ebenso

Digitized by Google

wird es während klarer Nächte durch Ausstrahlung gegen den Weltraum unter diese Temperatur abgekühlt.

Um diese störenden Einflüsse zu beseitigen, hat man allerhand Schutzvorrichtungen ersonnen, Blechschirme, Jalousiegehäuse aus Holz oder Metall, besondere Hütten u. s. w. und beinahe jedes Beobachtungsnetz hat eigene derartige Einrichtungen, über deren Zweckmäfsigkeit die Ansichten sehr getheilt sind.

Nur das wufste man längst, dafs die Angaben je nach der Art der Aufstellung und Schutzvorrichtung verschieden sind, und zwar um so verschiedener je ruhiger die Luft ist; aber welche diejenigen sind, die der Wahrheit am nächsten kommen, dies war bis vor kurzem gänzlich unentschieden, da es eben an einer Normalaufstellung fehlte, von welcher man nachweisen konnte, dafs die Strahlungseinflüsse wirklich beseitigt seien.

Immerhin halten sich die Abweichungen, welche die verschiedenen aufgestellten Thermometer untereinander zeigen, in verhältnifsmäfsig engen Grenzen, so dafs wenigstens die Mittelwerthe im allgemeinen nur um Bruchtheile eines Celsiusgrades differiren, während die Einzelablesungen schon weit mehr auseinander gehen können, was vorzugsweise bei Windstille vorkommt.

Nun herrscht aber im Luftballon, sofern er sich nicht in unmittelbarer Nähe von Wolken, besonders von Gewitterwolken, befindet, immer vollkommene Windstille, da er selbst mit dem Winde fliegt. Deshalb treten auch dort die Strahlungseinflüsse in allerschärfster Weise hervor, und ist es eben darum nicht unwahrscheinlich, dafs in älteren, bei Luftfahrten gewonnenen Temperaturangaben die Fehler manchmal bis auf 6 Grade oder noch höher angewachsen sind.

Diese störenden Einflüsse sind nun in dem vor einigen Jahren von Assmann erfundenen Aspirationspsychrometer — Psychrometer, weil es neben dem trockenen Thermometer, das zur Bestimmung der Lufttemperatur dient, noch ein befeuchtetes Thermometer enthält, um aus der Differenz der beiderseitigen Angaben auch die Feuchtigkeit berechnen zu können — vollkommen vermieden.

Dies wird dadurch erreicht, dafs die Gefäfse der Thermometer in vernickelte, hochpolirte doppelwandige Röhren eingeschlossen sind, die unten offen sind und durch welche vermittelst eines durch ein Uhrwerk getriebenen, oberhalb der Instrumente angebrachten Aspirators ein kräftiger Luftstrom hindurch gesogen wird.

Auf diese Weise werden die Thermometer stets von Luft umspült, die noch mit keinem Körper von anderer Temperatur in Berührung

Digitized by Google

gekommen, da die dünnwandigen Röhrchen sehr schnell die Lufttemperatur annehmen, während die hohe Politur derselben die Strahlung beinahe vollständig ausschliefst.

Dafs dies erreicht ist, geht daraus hervor, dafs es auch bei der kräftigen Sonnenstrahlung, wie sie an klaren Sommertagen in den Hochalpen herrscht, vollkommen gleichgültig ist, ob man das Instrument ungeschützt der Strahlung aussetzt, oder einen Schirm vor demselben anbringt.

Auch die Möglichkeit, in den Uraniasäulen, wie sie seit einigen Monaten in Berlin aufgestellt sind, richtige Temperaturangaben zu erhalten, beruht auf der Anwendung des gleichen Prinzips, während beinahe alle älteren Wettersäulen mehr dazu bestimmt scheinen, falsche meteorologische Vorstellungen im Publikum zu erwecken, anstatt wirkliche Belehrung zu bieten.

Freilich ist gerade bei den Urania-Säulen eine Aufgabe gelöst, die noch vor wenigen Jahren jeder Fachmann als kurzweg unlösbar bezeichnet haben würde.

Nachdem aber der Scharfblick und die Ausdauer des Erfinders uns in den Besitz der Aspirations-Instrumente gesetzt hat, und nachdem er nachgewiesen hat, mit wie bedeutenden Unsicherheiten selbst die besten früher bei Luftfahrten gewonnenen Zahlen behaftet sind, gilt es vor allem die Arbeiten von neuem aufzunehmen, welche die Engländer Welsh und Glaisher vor einigen Jahrzehnten mit ebensoviel Kühnheit als Umsicht ausgeführt haben und die, später von französischen Luftschiffern fortgesetzt, der Wissenschaft so grofse Bereicherung gebracht haben.

Gerade in Deutschland sollte man sich für diese Sache umsomehr erwärmen, nachdem man vor kurzem, zuerst in Berlin und dann in München damit begonnen hat, auch auf diesem Gebiete in den Wettbewerb mit den anderen Nationen einzutreten und nachdem es gerade einem Deutschen gelungen ist, die gewaltigen Schwierigkeiten zu besiegen, welche der Gewinnung genauer Zahlenangaben bei Ballonfahrten bisher entgegenstanden.

Möge es hier gestattet sein, einige der Punkte hervorzuheben, deren Klärung nur auf diesem Wege zu erwarten ist:

In erster Linie ist es die Frage nach Temperatur und Feuchtigkeit in verschiedenen Höhen und bei verschiedener Wetterlage, d. h. unter der Herrschaft von Cyklonen oder Anticyklonen, im Winter oder im Sommer, bei Tag oder bei Nacht, deren genaue Beantwortung interessirt, da hierdurch allein entschieden werden kann, inwieweit die

Digitized by Google

bisher allgemein angenommene Konvektionstheorie haltbar ist und inwiefern sie modifizirt werden mufs.

Ferner ist es von ganz besonderer Bedeutung, die Veränderung zu ermitteln, welche das Gesetz der Temperaturabnahme mit der Höhe erfährt, wenn man aus der nebelfreien Luft, sei sie nun trocken oder nur von Regentropfen durchsetzt, in die Wolke selbst eintritt.

Es darf nämlich als bewiesen gelten, dafs man die wesentlichste Ursache der Wolken- und Niederschlagsbildung in der Abkühlung zu suchen hat, welche die Luft beim Aufsteigen erfährt. Diese Abkühlung läfst sich berechnen, wenn man annimmt, dafs der aufsteigenden Luft weder Wärme zugeführt noch entzogen wird, sowie dafs ihr von der Seite her keine andere Luft beigemischt wird, als solche, die ebenfalls vom Erdboden aus mit in die Höhe gestiegen ist.

Diese beiden Annahmen sind aber in der freien Atmosphäre nur ausnahmsweise zulässig, wenn sie auch bei dem Vorgange des Föhns, der als Ausgangspunkt für all diese Forschungen diente, bis zu einem gewissen Grade erfüllt sein mögen.

Im Gegentheil lehrt die Beobachtung der Wolken, insbesondere der in Auflösung begriffenen an der Rückseite der Cyklone — beim Aufhören schlechten Wetters —, dafs dem aufsteigenden Strome der Cyklone in verschiedenen Höhen Luft aus der benachbarten Anticyklone beigemischt wird, die demnach noch nicht bis zum Erdboden herabgesunken war.

Wie grofs dieser Antheil beigemischter Luft ist, wie bedeutend die Erwärmung oder Abkühlung ist, welche die Luft bei diesen Vorgängen erleidet, über all diese Fragen müssen die eben angedeuteten Beobachtungen und Temperaturbestimmungen unterhalb und innerhalb der Wolken Aufschlufs geben.

Noch viel interessanter aber werden diese Untersuchungen, wenn der Ballon die obere Begrenzung der Wolken erreicht und durchschneidet.

Diese Fläche spielt nämlich in gewissem Sinne dieselbe Rolle, welche bei unbewölktem Himmel der Erdoberfläche zufällt, jedoch in eigenartiger, höchst mannigfaltiger Weise.

Zunächst tritt an ihr eine gewaltige Reflexion der Sonnenstrahlen ein, die bisher wohl kaum genügend gewürdigt wurde, obwohl sie die merkwürdigsten Folgen nach sich ziehen mufs.

Es mag z. B. nur daran erinnert werden, dafs eine Steigerung in der Intensität der Sonnenstrahlung, wie sie wahrscheinlich innerhalb gewisser Perioden eintritt, wenn sie auch bisher noch nicht nachge-

Digitized by Google

wiesen wurde, an solchen Stellen der Erde, welche die Wolkenbildung besonders begünstigen, sogar ein Sinken der Temperatur im Gefolge haben könnte, da die verstärkte und verbreitete Wolkendecke die Wärmezufuhr nach der Erdoberfläche beeinträchtigen müfste.

Es wäre nicht undenkbar, dafs die merkwürdige Periodizität in der Temperatur ganzer Zonen, welche Köppen bereits im Jahre 1873 nachgewiesen hat, und die unleugbar auf einen engen Zusammenhang mit den Vorgängen an der Sonnenoberfläche hindeutet, während die Ungleichzeitigkeit der um Jahre verschobenen Eintrittszeiten der Maximal- und Minimaltemperaturen der einzelnen Zonen das Gegentheil zu beweisen scheint, in solchen Verhältnissen ihre Erklärung finde.

Mit dieser Reflexion an der oberen Wolkengrenze geht aber auch eine kräftige Verdunstung Hand in Hand, die nun wieder zu eigenthümlichen Erscheinungen Veranlassung giebt, die sich bereits theoretisch vorhersagen liefsen und thatsächlich auch durch Ballonfahrten als richtig erwiesen sind.

Nicht minder wichtig als die eben angedeuteten Fragen sind die Aufschlüsse, welche man aus solchen Fahrten über die Höhen erwarten darf, bis zu welchen die atmosphärischen Wirbel ihre Herrschaft erstrecken, und bis zu welchen die Bewegungen in gleichem Sinne vor sich gehen.

Die Bestimmung der Höhe, in welcher das Zuströmen nach der Depression in ein Ausströmen übergeht, und die in einzelnen Fällen gar nicht so beträchtlich zu sein scheint, ist eine Sache von allergröfster Wichtigkeit.

Welch eigenthümliche Verhältnisse in dieser Hinsicht vorkommen, lehren die Erfahrungen über die beinahe vollkommen horizontalen Wolkenschichten von oft nur ganz geringer Mächtigkeit, welche die Luftschiffer schon öfters in sehr mäfsigen Höhen durchschnitten haben, und die als Grenzfläche zweier Luftströmungen wohl gröfstentheils der Mischung ihre Entstehung verdanken.

Solche weit ausgedehnte, vollkommen horizontale Wolkenschichten scheinen besonders im Winter sehr häufig vorzukommen, doch läfst sich ihr Vorhandensein ohne Luftballon gar nicht erkennen, da in einem solchen Falle eben der ganze Himmel grau überzogen ist, ohne dafs man, wenigstens im Flachlande, im stande wäre, die Erhebung dieser Schicht über den Boden zu messen oder gar ihre Mächtigkeit zu beurtheilen.

Wie aufserordentlich interessant es ist, auch aufserdem noch Aufschlüsse zu erhalten über die Beschaffenheit der Wolken, braucht

Digitized by Google

wohl kaum hervorgehoben zu werden, und mag nur beispielsweise daran erinnert werden, dafs bei Ballonfahrten schon öfters Wolken angetroffen wurden, in denen die Temperatur weit unter dem Gefrierpunkt lag und die trotzdem keine Eispartikelchen enthielten, sondern nur flüssige Wassertheilchen, eine Thatsache, die höchst wichtige Schlüsse zu ziehen gestattet.

Dies wenige wird genügen, um eine Vorstellung davon zu erwecken, welch hohe Bedeutung solch wissenschaftlichen Luftfahrten innewohnt; möchte es doch gelingen, das Interesse dafür soweit zu entflammen, dafs den Vereinen für Luftschifffahrt die freilich nicht unbedeutenden Geldmittel gewährt würden, welche zur Durchführung dieser Unternehmungen erforderlich sind.

Die Betrachtung und Aufzählung der von den Luftschiffern zu lösenden Aufgaben hat zuletzt auf Untersuchungen über die Natur der Wolken geführt und damit auf ein Forschungsgebiet, das neben den Beobachtungen im Ballon die bedeutendsten Aufschlüsse verspricht über die Vorgänge in der freien Atmosphäre, und dessen Pflege mithin unsere Aufmerksamkeit in besonders hohem Grade in Anspruch nehmen mufs.

Thatsächlich treten auch die Beobachtungen über Form und Zug der Wolken in den letzten Jahren mehr und mehr in den Vordergrund.

Doch dürfte es gerade hierbei von allerhöchster Wichtigkeit sein, sich immer klar vor Augen zu halten, wohin die Entwickelung der Wissenschaft drängt, da eben hier die Gefahr von Fehlschlüssen und Uebereilungen aufserordentlich nahe liegt.

Es sind nämlich im wesentlichen zwei Punkte, welche bei diesen Untersuchungen im Augenblicke Berücksichtigung finden: erstens die Beobachtungen über Zugrichtung und Geschwindigkeit der Wolken, insbesondere der hochfliegenden feinen Cirruswolken, als Hülfsmittel zur Bestimmung der Luftbewegung in den betreffenden Schichten, und dann die Klassifikation der Wolken nach ihren äufseren Formen.

Dagegen will es dem Schreiber dieser Zeilen scheinen, als wende man der Bildung und Auflösung der Wolken nicht die Aufmerksamkeit zu, welche diese Vorgänge verdienen, und als sei deshalb zu befürchten, dafs auch in die Behandlung der beiden anderen Aufgaben sich Irrthümer einschleichen, die besser vermieden würden.

Man mufs sich nämlich hüten, die Wolke als ein Gebilde zu betrachten, das gewissermafsen in der Luft schwimmt, und dessen Bewegung demnach die gleiche sein müsse wie jene der Luft.

Die Versuchung, eine solche Auffassung Platz greifen zu lassen,

Digitized by Google

liegt sehr nahe, da man sich zu leicht der Meinung hingiebt, als habe man in Rauchwolken ein vollkommenes Analogon der Wasser- oder Eiswolken vor sich, wie sie in der Atmosphäre schweben.

Und doch besteht zwischen beiden ein gewaltiger Unterschied: Rauch ist ein fremder Körper, der bald nachdem die aus dem Schornstein ausgetretenen Feuergase durch Vermischung mit der kühleren Luft ihren Auftrieb verloren haben, einfach in der Atmosphäre schwebt, um ganz allmählich langsam herabzusinken. Der Wasserdampf hingegen, aus dem die Wolken bestehen, findet sich in gröfseren oder geringeren Mengen überall in der Luft, wird aber nur dort sichtbar, wo Kondensation eintritt; die Wolke ist demnach nur das Bild eines Vorganges, und es ist durchaus nicht statthaft, aus der Bewegung der Wolke unmittelbar auf jene der Luft zu schliefsen. Und wenn auch dieser Schlufs in vielen Fällen zutreffen mag, so kennt man doch andere, in welchen er geradezu falsch ist.

So weifs man aus den Erfahrungen in Gebirgsgegenden, dafs Wolken scheinbar unbeweglich an Bergen hängen können, während sie in Wahrheit von heftigem Sturme durchbraust sind. Solche Wolken entstehen und vergehen fortgesetzt an denselben Stellen und bieten dadurch das Bild scheinbarer Ruhe, ebenso wie ein Wasserfall oder noch besser ein Flufslauf von der Ferne betrachtet, feststehende Gebilde darstellen, während das Wasser, aus dem sie bestehen, fortwährend durch neues ersetzt wird.

Ja, es können sich Wolken sogar scheinbar senken, während sie doch das Produkt eines aufsteigenden Luftstromes sind, der nur infolge zunehmender Feuchtigkeit oder abnehmender Temperatur in immer geringeren Höhen den Kondensationspunkt erreicht.

Desgleichen lehren die Erfahrungen der Luftschiffer, dafs Wolken nicht selten in horizontalem Sinne vom Ballon durchfahren werden, während der letztere vermöge des ihm innewohnenden Auftriebes, sowie seines Gewichtes doch nur Träger vertikal wirkender Kräfte ist.

Das merkwürdigste Beispiel aber für den grofsen Unterschied, der zwischen Luftbewegung und scheinbarer Bewegung der Wolken besteht, bieten die reihenweise auftretenden Wolken, denen man in den verschiedensten Schichten der Atmosphäre begegnet und die in den gröfsten Höhen zur Entstehung der sogenannten Schäfchen-Wolken Veranlassung geben.

Verfolgt man die Bildung solcher Wolken genauer, so sieht man, wie sich oft mit einem Schlage ein Theil des Himmels mit Wolken bedeckt, die, in parallele Streifen geordnet, einen höchst regelmäfsigen

Digitized by Google

Eindruck gewähren, und wie sie bald darauf von einem System anderer paralleler Streifen durchzogen werden, so dafs sie sämtlich in kleine Rauten zerfallen und damit in die bekannte Form der Schäfchenwolken übergehen.

Diese Reihenwolken entstehen, wie von Helmholtz erst vor wenigen Jahren auf theoretischem Wege nachgewiesen hat, jederzeit, wenn zwei Luftschichten von verschiedener Temperatur mit ungleicher Geschwindigkeit übereinander hinweg gleiten. In einem solchen Falle müssen sich Wellen bilden, und die Wolkenreihen, die hierbei auftreten, sind das vollkommene Gegenstück zu den Wasserwellen mit ihren schäumenden Kämmen.

Es ist das Bild einer Brandung, das wir in einem solchem Falle vor uns sehen, und die in die höhern Luftschichten hineingeschleuderten Mengen der darunter liegenden Schicht sind es, welche theils durch Mischung theils infolge der Expansionsabkühlung die Entstehung der streifenförmig angeordneten Wolken im Gefolge haben. Hier hat man also wieder einen Fall vor sich, wo die scheinbare Weiterbewegung der Wolken nicht im entferntesten einen Schlufs auf die Geschwindigkeit der Luft gestattet, ebenso wenig, als das scheinbare Fortschreiten der Wasserwellen auf die Geschwindigkeit des Windes oder gar auf die Fortbewegung des Wassers.

Dagegen lassen sich aus der Breite dieser Streifen höchst wichtige Schlüsse ziehen, auf die jedoch hier nicht weiter eingegangen werden kann.

Auch in der Geschwindigkeit, mit welcher die Bildung solcher Wogenwolken oder Wolkenwogen — denn so nennt sie von Helmholtz in unvergleichlich zutreffender Weise — sich ausbreitet, hat man kein Mafs für die Windgeschwindigkeit, sondern nur für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit atmosphärischer Wellen.

Diese Wogenwolken erstrecken sich senkrecht zu jener Richtung, die man erhielte, wenn man die langsamer fliefsende Schicht ruhend denkt, d. i. senkrecht zu der relativen Bewegung der beiden Schichten.

Wäre die eine derselben, etwa die untere, thatsächlich in Ruhe, so stünden sie einfach senkrecht auf der Richtung des darüber hinstreichenden Windes.

Im Gegensatze hierzu giebt es aber auch Streifenwolken, die sogenannten Cirrusstreifen, deren Längsrichtung wahrscheinlich mit jener des Windes zusammenfällt.

Dieses Beispiel ist sehr lehrreich, indem es zeigt, wie gefährlich es ist, wenn man bei derartigen Beobachtungen nur die äufsere Erscheinungsform in Betracht zieht, ohne der Sache auf den Grund zu

Digitized by Google

gehen. So ist erst vor kurzem eine Abhandlung erschienen über die sogenannten Radiationspunkte der Wolken, d. h. über jene Punkte, nach welchen parallele Wolkenstreifen perspektivisch konvergiren, die zu einem höchst auffälligen Resultate führt.

Es ist wahrscheinlich, dafs dieses Resultat nur dadurch erzielt wurde, dafs die Streifwolken, welche senkrecht auf der Windrichtung stehen und jene, die mit ihr zusammenfallen, zu gemeinschaftlichen Mitteln vereinigt wurden.

Die Lehre von den Luftwogen, durch welche eine längst bekannte, aber früher nie richtig gedeutete Erscheinung mit einem Schlage eine einfache und naturgemäfse Erklärung fand, ist eine der gröfsten Errungenschaften auf dem eben besprochenen Gebiete.

Merkwürdigerweise hat sie in den neuen Atlanten zur Klassifikation der Wolken keine Beachtung gefunden, und man sucht vergeblich nach einer in das System passenden Bezeichnung der Wogenwolken, die mit mannigfaltigen Abänderungen in den verschiedensten Luftschichten vorkommen.

Gerade darum möchte die Warnung berechtigt sein, man möge nicht zu rasch daran gehen, auf rein beschreibendem Boden für die Klassifikation der Wolken ein künstliches System zu schaffen, das etwa dem Linnéschen Pflanzensystem vergleichbar, auf Bildung und Auflösung der Wolken keine Rücksicht nimmt, und deshalb nicht geeignet ist, das Verständnifs dieser Erscheinungen zu fördern.

Desgleichen dürfte es empfehlenswerth sein, zur Betheiligung an diesen wichtigen aber höchst schwierigen Beobachtungen nur streng geschulte, mit den besten Hülfsmitteln ausgerüstete Kräfte heranzuziehen, da hier, wenn irgendwo, das Wort „multum sed non multa“ am Platze ist.

Glücklicherweise kann man heutzutage diese Untersuchungen an ausgewählten Stationen mit um so gröfserer Hoffnung auf Erfolg aufnehmen, da die Hülfsmittel hierzu in den letzten Jahren eine ungeahnte Vervollkommnung erfahren haben.

Der Photographie ist es in neuester Zeit gelungen, auch jene zarten Gebilde zu fixiren, welche der sonst gebräuchlichen Methoden der Photographie spotteten, und insbesondere hat Hr. Dr. med. Neuhauss in Berlin hierin staunenswerthes erreicht.

Zugleich gestattet die in neuester Zeit so hoch ausgebildete Photogrammetrie oder das Mefsbildverfahren, Höhe, Gestalt und Bewegung der Wolken mit gröfster Sicherheit zu bestimmen, wie der schöne Erfolg bewiesen hat, den Jesse durch Anwendung dieses Hülfsmittels auf die leuchtenden Nachtwolken erzielt hat.

Digitized by Google

Wenn man auf diese Weise die Abmessungen der Wolken feststellt und ihre Veränderungen genau verfolgt, und wenn man die so erzielten Ergebnisse in Zusammenhang bringt mit den Beobachtungen am Erdboden und mit den im Luftballon gewonnenen Aufzeichnungen, dann mufs es auch gelingen, aus den Formen der Wolken die Geschichte ihres Werdens und Vergehens abzulesen.

Alsdann wird es auch möglich sein, Eintheilung und Bezeichnung der Wolken auf natürlicher Grundlage zu bringen und — um mit G. Hellmann zu sprechen —, die Lehre von den Wolkenformen von einer rein äufserlichen Systematik gewissermafsen zu einer Physiologie dieser Gebilde zu erheben.

Im Vorstehenden wurde versucht, einige der wichtigsten Fragen hervorzuheben, auf deren Bearbeitung der gegenwärtige Stand der Forschung hinweist und zwar wurden hierbei zunächst solche berücksichtigt, deren Lösung für das Gesamtgebiet der Meteorologie von besonderer Bedeutung sind.

Dafs nebenher noch Reihen anderer Probleme aufgezählt werden könnten, die den genannten an Interesse nicht nachstehen, bedarf wohl kaum besonderer Betonung. So mag nur im Vorbeigehen daran erinnert werden, welch grofses Arbeitsfeld die Bestrahlung der Erde durch die Sonne, sowie die Austrahlung an den Weltraum der Forschung noch bietet, oder es mag der Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen gedacht werden, welche in den letzten Jahren durch F. Exner in Wien, sowie durch Elster und Geitel in Wolfenbüttel so bedeutende Förderung erfahren haben, ganz abgesehen von dem Ausbau und der Ergänzung des früher Gewonnenen, die doch auch nicht vergessen werden dürfen.

Wenn man aber gerade jene Fragen ins Auge fafst, die so recht der Gegenwart angehören, so verräth sich in ihnen trotz aller Verschiedenheit im Einzelnen, doch deutlich ein gemeinsamer Zug:

Mögen es die Bewegungen des Luftmeeres sein oder der Wärmehaushalt der Erde, seien es Fragen von höchster Allgemeinheit, die man zum Gegenstande der Untersuchung machen will, oder ganz bestimmte, eng begrenzte Fälle, mag man das wechselvolle Spiel der Wolken verfolgen oder die rätselhaften Aeufserungen der Luftelektrizität, immer wird das Streben darin gipfeln, nicht nur empirische Regeln aufzustellen, sondern einzudringen in das Wesen der Erscheinungen und so die Meteorologie mehr und mehr auf feste Grundlagen zu bringen, und sie umzugestalten zu einer „Physik der Atmosphäre".

Digitized by Google

Die Astronomie des Unsichtbaren.

Von Dr. **J. Scheiner**,
Astronom am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam.

Mit nur ganz wenigen Ausnahmen ist das einzige Verbindungsglied zwischen uns und den Himmelskörpern der Lichtstrahl, der allein im stande ist, uns Kunde von den fernsten Gegenden des Weltalls zu bringen. Die Ausnahmen bilden die Meteore und Sternschnuppen, die, in ihren Bahnen durch den Widerstand unserer Atmosphäre aufgehalten, zur Erdoberfläche herabfallen und alsdann den sorgfältigsten Untersuchungen unterworfen werden können. Vielleicht könnte man gewisse elektrische Einflüsse, welche die Sonne auf den Erdmagnetismus auszuüben scheint, noch zu diesen Ausnahmen rechnen; jedenfalls aber spielt in unserer Erkenntnifs der Aufsenwelt das Licht eine so beherrschende Rolle, dafs der kurze Hinweis auf die Ausnahmen genügt, um im weiteren das Licht als den einzigen Himmelsboten bezeichnen zu können. Es ist hierbei allerdings erforderlich, das Licht in seinem allgemeinsten Begriffe aufzufassen, als Aetherschwingungen überhaupt, sei es nun, dafs dieselben so langsam erfolgen, dafs sie nur noch unserem Gefühle als Wärme erkennbar und im Bolometer oder Thermometer mefsbar sind, oder aber, dafs das Auge sie wegen ihrer schnellen Aufeinanderfolge nicht mehr aufzufassen vermag und nur noch die photographische Platte von ihrer Existenz Zeugnifs ablegen kann. Wir dürfen also z. B. die Thatsache, dafs gewisse neblige Verdichtungen in planetarischen Nebeln dem Auge nicht direkt, sondern nur durch das Hülfsmittel der Photographie wahrnehmbar gemacht werden können, nicht in das Gebiet der Astronomie des „Unsichtbaren“ verweisen, ebensowenig wie die Erforschung des ultrarothen Sonnenspektrums, sondern wir wollen im Folgenden bei der Besprechung dieses Zweiges der Astronomie nur die Erkenntnifs solcher coelestischen Objekte berühren, die überhaupt oder wenigstens bei ihrer Erforschung unsichtbar waren. Aber auch hierbei müssen wir uns noch gewisse Beschränkungen auferlegen. So

Digitized by Google

wird uns gewifs niemand widersprechen, wenn wir die Behauptung aufstellen, dafs die uns völlig unsichtbare Rückseite des Mondes eine konvexe Fläche sei, und dafs auf derselben auch Berge und Krater befindlich wären, und doch wollen wir uns dessen nicht rühmen; oder, wenn ein Astronom mit Hülfe der Elemente eines gut berechneten periodischen Kometen, auch zur Zeit seiner Unsichtbarkeit den Ort desselben innerhalb unseres Sonnensystems mit einer sehr beträchtlichen Genauigkeit angeben kann, so wollen wir ihm deshalb nicht die Ehre einer Entdeckung aus dem Gebiete des Unsichtbaren zusprechen.

Es sollen demnach in den folgenden Zeilen nur die Entdeckungen von Himmelskörpern besprochen werden, deren Existenz ohne vorherige Betrachtung im Fernrohr erkannt worden ist. Bei der grofsen Wichtigkeit solcher Entdeckungen sind dieselben natürlich auch in die weitesten Kreise gedrungen, und sie werden jedem, der einmal eine populäre Astronomie gelesen hat, bekannt sein; auch sind die neuen Entdeckungen dieser Art bereits in diesen Blättern besprochen worden; vielleicht aber dürfte eine Darstellung dieser Triumphe der Astronomie, von einheitlichem Gesichtspunkte ausgehend, doch den meisten Lesern noch einiges Interessante bieten; vielleicht gelingt es auch dem Verfasser, zuweilen einen Gedankengang zu eröffnen, der dem Laien neu und lehrreich sein könnte.

Wir haben also festgesetzt, dafs es nicht der von dem betreffenden Körper ausgesandte Lichtstrahl sein soll, welcher zu seiner Entdeckung verhilft; da wir aber oben das Licht als einzigen Boten aus dem Weltall bezeichnet haben, so mufs es also der von einem anderen Körper uns zugesandte Lichtstrahl sein, der die Existenz des unbekannten Körpers verräth; der letztere mufs also auf den ersten irgend einen Einflufs ausüben, der seinerseits irgend eine Aenderung in dem uns zukommenden Lichtstrahle bewirkt.

Die einzige auf unermefsliche Entfernungen erkennbare Einwirkung, die nun ein Himmelskörper auf den anderen ausüben kann, besteht in der Anziehung oder Gravitation, welche eine Ortsveränderung des sichtbaren Gestirns bewirkt. Diese Ortsveränderung ist es, welche, beobachtet und richtig gedeutet, zur Erkenntnifs des anziehenden oder „störenden" Körpers führt, seinen Ort am Himmel kennen lehrt und eventuell auch dann seine thatsächliche Entdeckung bewirkt. Während so die Gravitation allein das Bindeglied zwischen bekannten und unbekannten Himmelskörpern bildet, kann die durch dieselbe hervorgerufene Ortsveränderung auf zweierlei Weise erkennbar sein. Einmal ändert der sicht-

Digitized by Google

bare Körper seine scheinbare Position am Himmel, dann wird die Richtung des von ihm ausgehenden Lichtstrahls geändert, und diese Abweichung von der normalen, natürlichen Richtung wird beobachtet. Ein anderes Mal findet aber eine merkliche Positionsänderung nicht statt, sondern es resultirt nur eine schnellere oder langsamere Bewegung des sichtbaren Körpers, deren in den Visionsradius fallende Komponente alsdann mit Hülfe des Spektroskopes unter Benutzung des Dopplerschen Prinzips erkannt werden kann. Beide Beobachtungsmethoden unterscheiden sich sehr wesentlich, indem bei der ersten nur die Richtung des Lichtstrahls, bei der letzteren aber gleichsam das Wesen desselben verändert wird, und so müssen wir denn auch im Folgenden die Entdeckungen auf dem Gebiete der Astronomie des Unsichtbaren streng nach diesen beiden Richtungen trennen.

In dem ersten Theile unseres Aufsatzes mögen also die Entdeckungsgeschichten des Planeten Neptun, der dunklen Begleiter von Sirius und Procyon, sowie des vierten Sterns in dem mehrfachen Sternsystem ζ Cancri aufgeführt werden, in dem zweiten bringen wir dann die Entdeckung des Algolbegleiters und der verwandten Systeme.

Wie schon Eingangs hervorgehoben, können wir alle diese Entdeckungen im allgemeinen als bekannte voraussetzen, und es wird daher genügen, den Gang derselben so kurz als möglich zu geben, und nur an einzelnen, zum Verständnifs wichtigeren oder interessanten Punkten länger zu verweilen.

Die Entdeckung des Neptun.

Der französische Astronom Bouvard hatte für die Planeten Jupiter und Saturn Tafeln gerechnet, welche für jeden Zeitpunkt die Oerter dieser Planeten am Himmel recht genau anzugeben vermochten, so dafs die Bewegungen dieser beiden Himmelskörper vollständig mit der Gravitation im Einklange standen. Als er zu gleichen Zwecken Tafeln für den im Jahre 1781 von Herschel entdeckten Planeten Uranus konstruirte, fand er, dafs es unmöglich sei, auch unter genauer Berücksichtigung aller Störungen durch die übrigen grofsen Planeten, die ganze Beobachtungsreihe mit der Theorie in Einklang zu bringen. Ohne das Räthsel dieser Erscheinung lösen zu können, verwarf er daher die älteren Beobachtungen (vor Herschel) und benutzte nur diejenigen von 1781 bis 1820, an welche ein genügender Anschlufs der Theorie gelang. Aber schon nach wenigen Jahren erwiesen sich die Bouvardschen Tafeln als nicht ausreichend; die aus ihnen berechneten Uranusörter wichen 1844 bereits um 2′ ab, und es war nur

Digitized by Google

natürlich, dafs sich fast alle Astronomen der damaligen Zeit mit diesem abnormen Phänomen beschäftigten. Vielleicht ist es Bessel gewesen, der zuerst den Gedanken gehabt hat, die Anomalien der Uranusbewegung den Störungen eines noch unbekannten Planeten zuzuschreiben; er scheint diesen Gedanken zwar nicht ausdrücklich ausgesprochen zu haben, wohl aber bemerkt er schon 1823 in einem Briefe an Olbers, dafs eine strenge Untersuchung der Uranusbewegung zu der „schönsten Bereicherung der Wissenschaft leiten müsse". Auch hat er später, 1838, thatsächlich einen seiner Schüler, Flemming, veranlafst, diese Untersuchung zu unternehmen, doch wurde ihre Ausführung infolge des frühzeitigen Todes von Flemming verhindert.

Wir müssen nun den Versuch machen, dem Leser die Schwierigkeit der Lösung der gestellten Aufgabe einigermafsen klar zu machen. Die Aufgabe selbst lautet: Es sind Störungen eines Planeten durch einen anderen unbekannten gegeben, es soll die Bahn des unbekannten Planeten und sein Ort am Himmel zu einer gegebenen Zeit gefunden werden. Dies ist genau die Umkehr der in der Planetentheorie immer wiederkehrenden und schon vielmal mit Erfolg gelösten Aufgabe, aus den bekannten Bahnen zweier Planeten ihre Störungen zu bestimmen. Die Lösung der ersten Aufgabe ist aber keineswegs die direkte Umkehr der Lösung der zweiten, ja ohne bestimmte vorherige Annahme über die Bahn des unbekannten Planeten ist die Lösung überhaupt nicht durchzuführen, und diese Annahmen mufsten damals die folgenden sein: Der unbekannte Planet bewegt sich in derselben Richtung und derselben Ebene wie Uranus, die mittlere Axe seiner Bahn ist, entsprechend dem damals als fast allgemein giltig angenommenen Bodeschen Gesetze über die Planetenentfernungen, die doppelte derjenigen des Uranus. Es genügte alsdann aber immer noch nicht, die übrigen Elemente und die Masse des unbekannten Planeten als Unbekannte in das Problem einzuführen, sondern auch die Elemente der Uranusbahn mufsten gleichzeitig mit verbessert werden, da sie ja doch unter der falschen Annahme gerechnet worden waren, dafs die beobachteten Uranusörter nur durch die schon bekannten Planeten beeinflufst seien. Weiter aber war es noch erforderlich, zu prüfen, ob die Rechnungen Bouvards keinen Fehler enthielten, da es noch immer denkbar war, die Anomalie der Uranusbewegung auf unrichtig berechnete Störungen durch Jupiter etc. zurückzuführen.

Der Anfangs dieses Jahres verstorbene englische Astronom J. C. Adams war es, der zum ersten Mal (1843) sich an die Lösung dieser verwickelten Aufgabe wagte und sie mit Erfolg durchführte.

Digitized by Google

Schon im Oktober 1845 theilte der damalige Cambridger Student dem Direktor der Greenwicher Sternwarte, Airy, die hypothetischen Elemente des unbekannten Planeten mit, die jedoch von letzterem etwas skeptisch aufgenommen wurden, sodafs eine Nachsuchung nach dem Planeten zunächst unterblieb.

Im Jahre 1845 begann auf Veranlassung Aragos der junge Pariser Astronom Leverrier — von der Arbeit Adams' war damals nichts bekannt — mit der Lösung des Problems und veröffentlichte seine Resultate 1846, 31. August, in den Comptes Rendus. Die auffallende Uebereinstimmung in den aus den Leverrierschen und den Adamsschen Elementen berechneten Oertern des hypothetischen Planeten erregten nunmehr doch die Aufmerksamkeit des Direktors der Cambridger Sternwarte, Challis, und derselbe begann nunmehr eine systematische Nachsuchung nach dem Planeten. Bei dem Mangel einer brauchbaren Sternkarte von der betreffenden Himmelsgegend konnte das Verfahren zur Auffindung des Planeten nur darin bestehen, alle Sterne in der Nähe des angegebenen Ortes wiederholt zu beobachten, um bei einer Vergleichung der Beobachtungen alsdann den Planeten an seiner Bewegung zu erkennen. Ein rechtes Vertrauen in die Möglichkeit der Auffindung scheint Challis indessen doch nicht gehabt zu haben, er würde sonst sicherlich seine anderen Arbeiten zurückgesetzt und sofort die Reduktion der Aufsuchungsbeobachtungen vorgenommen haben, die ihn dann etwa am 13. August wohl schon zur Entdeckung des Planeten geführt hätten, den er bereits am 4. und 12. August thatsächlich beobachtet hatte.

Am 18. September 1846 schrieb Leverrier an den damaligen Assistenten der Berliner Sternwarte, Dr. Galle, theilte ihm seine Resultate mit und bat ihn, nach dem Planeten zu suchen. Wie bei den meisten wichtigen Entdeckungen, so hat sich auch an diese eine Reihe von Legenden und Entstellungen geknüpft, so dafs sich fast in keinem populären Werke eine richtige Darstellung derselben findet; wir haben es daher für interessant gehalten, hier eine streng richtige Darstellung der Sachlage zu geben, gleichzeitig unter erstmaliger Veröffentlichung des Leverrierschen Briefes, wozu Verfasser durch die Freundlichkeit des Herrn Geheimrath Galle in Breslau in den Stand gesetzt worden ist.

Dr. Galle hatte im Jahre vorher, 1845, promovirt und zwar mit einer Abhandlung über eine dreitägige Beobachtungsserie Römers aus dem Jahre 1706, der an drei aufeinanderfolgenden Tagen mit dem zuerst von ihm angewandten Mittagsfernrohr die Oerter der Sonne,

Digitized by Google

des Mondes und aller damals bekannten Planeten, sowie aufserdem noch 88 Sterne bestimmt hatte. Galle, der von den damals schon angefangenen Arbeiten Leverriers über die Uranusstörungen nichts wufste, dem aber wohl die frühere Arbeit Leverriers über die Säkularstörungen der Planeten, insbesondere des Merkur, bekannt waren, sandte seine Dissertation an Leverrier nur in der Hoffnung, dafs die in ihr neu reduzirten, für die weit zurückliegende Zeit sehr genauen Planetenörter für die Untersuchung Leverriers von Nutzen sein könnten. Leverrier hat diese Oerter zwar nicht benutzt, die Zusendung der Dissertation war aber für ihn die Veranlassung, nach Abschlufs seiner Rechnungen über den neuen Planeten an Galle ein Dankschreiben zu senden und ihn bei dieser Gelegenheit direkt zur Aufsuchung des Planeten aufzufordern. Ohne diesen vorausgehenden, zufälligen Umstand würde also die Entdeckungsgeschichte Neptuns einen durchaus anderen Verlauf genommen haben. Der Brief Leverriers lautet in wörtlicher Uebersetzung:

Paris, den 18. Sept. 1846.

Mein Herr!

„Ich habe mit vielem Interesse und Aufmerksamkeit die Reduktion der Römerschen Beobachtungen gelesen, von welcher Sie mir gütigst ein Exemplar zugesandt haben. Die vollendete Durchsichtigkeit Ihrer Erklärungen und die vollständige Strenge der Resultate, welche Sie uns geben, stehen auf der Höhe dessen, was wir von einem so geschickten Astronomen erwarten mufsten. Später werde ich mir die Erlaubnifs nehmen, auf mehrere Punkte zurückzukommen, die mich interessirt haben, und besonders auf die Beobachtungen des Merkur, die (in Ihrer Arbeit) enthalten sind.

Heute möchte ich von dem unermüdlichen Beobachter verlangen, dafs er einige Augenblicke der Durchforschung einer Region des Himmels widmen möge, wo es einen Planeten zu entdecken geben kann. Es ist die Theorie des Uranus, welche mich auf dieses Resultat geführt hat. Ein Auszug meiner Untersuchungen wird in den Astron. Nachrichten erscheinen. Ich hätte es also unterlassen können, Ihnen hiervon zu schreiben, wenn ich nicht die Pflicht zu erfüllen gehabt hätte, Ihnen für das interessante Werk, welches Sie mir zugesandt haben, zu danken."

Es folgen jetzt Angaben über den neuen Planeten und die sich für denselben ergebenden Elemente, dann heifst es weiter:

„Uebrigens erlaubt es die Gröfse seiner Masse, zu schliefsen, dafs die Gröfse seines scheinbaren Durchmessers mehr als 3″ beträgt.

Digitized by Google

Dieser Durchmesser ist also durchaus so beschaffen, dafs er in guten Fernrohren von dem künstlichen Durchmesser, welchen verschiedene Aberrationen den Sternen geben, zu unterscheiden ist.

Genehmigen Sie, mein Herr, die Versicherung der Hochachtung

Ihres ergebenen Dieners

N. J. Le Verrier.

Wollen Sie gütigst Herrn Encke, obgleich ich nicht die Ehre habe, ihm bekannt zu sein, die Versicherung meiner tiefsten Verehrung mittheilen."

Diesen Brief erhielt Galle am Morgen des 23. September und theilte ihn sofort Encke mit, der nunmehr, nachdem er sich vorher sehr zweifelnd und ablehnend über die schon bekannt gewordene Angelegenheit ausgesprochen hatte, der Aufsuchung des Planeten durch Galle zustimmte.

D'Arrest, der sich damals zu seiner weiteren Ausbildung an der Berliner Sternwarte befand, bat sich die Erlaubnifs aus, der Aufsuchung beizuwohnen, die an demselben Abende vorgenommen wurde. Galle versuchte zuerst den Planeten an seiner Scheibe zu erkennen, was jedoch nicht zum Ziele führte (der Durchmesser betrug thatsächlich nur wenig über 2″), und so mufste an die Beschaffung einer Sternkarte gedacht werden. D'Arrest schlug vor, einmal nachzusehen, ob unter den noch sehr lückenhaft vorhandenen akademischen Sternkarten vielleicht die betreffende Gegend schon fertig sei, und in der That fand sich die hora 22 von Bremicker vor, die erst kürzlich vollendet und durch den Buchhandel noch nicht verbreitet war. Mit Hülfe dieser Karte fand Galle sehr bald einen Stern 8-ter Gröfse, der, auf der Karte nicht vorhanden, verdächtig erschien. Bis gegen Morgen wurden Beobachtungen dieses Sterns vorgenommen, an denen auch Encke theilnahm, doch gelang es nicht, eine Bewegung des Sterns mit Sicherheit zu konstatiren, und so mufste noch der folgende Abend abgewartet werden, an welchem sich dann die Identität mit dem gesuchten Planeten als zweifellos herausstellte.

Nachdem wir nun gesehen haben, dafs die Rechnungen von Leverrier und Adams den Ort des hypothetischen Planeten so genau geliefert hatten, dafs eine Auffindung desselben besondere Schwierigkeiten nicht bot, wollen wir nunmehr noch kurz betrachten, wie nahe die Elemente der Bahn, aus welchen schliefslich doch der Ort berechnet wird, der Wahrheit entsprechen, und stellen daher zunächst dieselben nach der Rechnung von Leverrier und Adams mit den wahren, später gefundenen Elementen zusammen.

Digitized by Google

	Leverrier	Adams	wahre Elemente
halbe grofse Axe . . .	36.15	37.25	30.05
Exzentrizität	0.1076	0.1206	0.0090
Länge des Perihels . .	285°	299°	46°
Masse (Sonne = 1) . .	0.0001	0.00015	0.00005
Neigung	0°	0°	1.8°

Ein Blick auf diese Zahlen lehrt, dafs bei befriedigender Uebereinstimmung der Elemente von Leverrier und Adams untereinander, die Abweichung von den wahren Elementen eine ganz enorme ist, eine so grofse, dafs die berechneten Elemente geradezu als illusorische bezeichnet werden müssen. Einigermafsen stimmt nur die Annahme, dafs die Neigung null sei, da sie thatsächlich sehr gering ist, — und noch nicht 2° beträgt. Dagegen ist die nach dem Bodeschen Gesetze angenommene grofse Axe um rund 125 Millionen geographische Meilen zu grofs, die Exzentrizität ist mehr als 10 mal zu grofs, und die Länge des Perihels weicht von der wahren um mehr als 100° ab, sie liegt in einem ganz falschen Quadranten. Die Masse ist um mehr als das Doppelte zu grofs gefunden worden.

Rechnet man aber aus den Leverrierschen oder Adamsschen Elementen die Bahn des Neptun am Himmel während der Jahre, aus welchen die Rechnungen erhalten worden sind, so ergiebt sich eine auffallend nahe Uebereinstimmung mit der Wahrheit, die total falschen Elemente liefern einen fast richtigen scheinbaren Weg des Gestirns. Und dieser Umstand darf nicht etwa Verwunderung erregen, noch weniger darf man den beiden Rechnern einen Vorwurf machen, denn man sieht ja eben, dafs die errechnete Bahn sehr nahe dieselben Störungen auf Uranus ausüben würde als die wahre, und aus den Störungen ist ja alles gerechnet. Es ist viel leichter, ein Stück einer scheinbaren Bahn auf dem Leverrierschen Wege richtig zu finden, als die Elemente, da man eine grofse Menge von Variationen der letzteren angeben kann, welche ein kurzes Bahnstück alle gleich gut darstellen. Ein Beispiel wird dies noch klarer stellen. Die Entfernung des Planeten wurde um $^1/_6$ zu grofs angenommen; um dies einigermafsen zu kompensiren, ergab sich eine 10 mal so grofse Exzentrizität und gleichzeitig eine solche — falsche — Lage des Perihels, dafs für die Zeit der Neptunentdeckung der fehlerhafte Betrag der Entfernung des Planeten von der Sonne von 125 Millionen Meilen auf 60 Millionen Meilen reduzirt wurde. Um diesen Betrag war er noch zu weit von Uranus entfernt; um die richtigen, und nicht zu kleine Störungen zu geben, mufste entsprechend seine Masse gröfser ausfallen, wie dies in der That geschah.

Digitized by Google

Es hält eben schwer, in diesem Falle zu entscheiden, was mehr zu bewundern ist, die Geschicklichkeit der beiden Astronomen, die ein in Strenge unlösbares Problem mit solchem Erfolge lösten, oder die staunenswerthe Logik der mathematischen Analyse, die selbst in den verwickeltsten Fällen aus den in das Problem eingeführten richtigen Daten auch die einzig richtigen Resultate liefert, wenn auch die quasi nebensächlichen Einzelheiten verfehlt erscheinen.

Auf die Geschichte der Neptunentdeckung wird die Menschheit immer mit Stolz zurückblicken können.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Parallelen.

Betrachtungen über die einheitlichen Züge im Naturgeschehen.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer.**

Man pflegt gewöhnlich zu behaupten, der Mensch erst habe es verstanden, die Natur seinem Willen zu unterwerfen, sie bewufst zu seinem Nutzen anzuwenden. In der That, wenn man dem Menschen allein einen Willen beimifst, ist das ja selbstverständlich. Aber seit die neue Weltanschauung, welche unseren Horizont durch die Entdeckungen der Kolumbus, Kopernikus, Galilei, Newton, Darwin, Robert Mayer auf den verschiedensten Gebieten der Naturforschung so wesentlich erweiterte, uns zugleich um ein gutes Stück bescheidener gemacht hat, da diese Weltanschauung uns aus dem zentralen Standpunkte, welchen der Mensch als eine Sonderschöpfung, als ein Halbgott beanspruchte, verdrängt hat und ihn mitten in das Getriebe des Naturgeschehens und von ihm als dessen Produkt in allen Regungen abhängig, versetzte, seitdem fällt eines nach dem anderen von jenen angemafsten Vorrechten des Menschen gegenüber den anderen Naturgeschöpfen. Und wie man auch als Philosoph über die Frage von der Freiheit unseres Willens denken mag, so mufs man doch heute zweifellos anerkennen, dafs dasjenige Agens, welches wir unseren Willen nennen, auch bereits in anderen unter uns stehenden thierischen Wesen in entsprechend beschränkterem Mafse auftritt. Der unfafsliche Begriff des Instinktes ist aus unserer Weltanschauung längst verdrängt worden. Die Thiere begehen ebenso gut wie wir bewufst zweckmäfsige Handlungen.

Und sie verwenden auch bereits die Naturkräfte bewufsterweise zu ihrem Nutzen. Allerdings ging ihre Intelligenz nicht so weit, dafs sie im stande gewesen wären, analysirend sich aus der fast unentwirrbaren Gesamtheit der Naturwirkungen eine besondere, sagen wir die Wärme oder gar die Elektrizität herauszunehmen, um diese zu ihren

Digitized by Google

besonderen Zwecken zu verwenden. Aber es ist ohne Zweifel als ein Anfang zu dieser merkwürdigen Entwickelung zu betrachten, wenn fertige Naturprodukte, lebende Wesen, von anderen zu ihren speziellen Zwecken bewufst ausgenutzt werden. Bei den Ameisen begegnen wir bekanntlich den merkwürdigsten Fällen dieser Art. Die Ameisen halten sich ihre Milchkühe, bekanntlich Blattläuse, die sie pflegen und regelmäfsig melken, wie wir es in unseren Milchwirthschaften thun. Sie treiben Ackerbau, sie pflügen das Land, sie säen und ernten; das heifst, sie nutzen die Fruchtbarkeit des Bodens durch ihren besonderen direkten Einflufs zu ihrem Vortheil aus.

Aehnliche Beispiele liefsen sich zu Hunderten namentlich bei den Hausthieren anführen. Sie sollen uns hier nur beweisen, dafs die Keime dieser merkwürdigen Entwickelung, deren glänzendste Erfolge unser Zeitalter der Naturwissenschaften sah, bereits tief im Thierreiche wurzeln.

Vergegenwärtigen wir uns dieser Thatsache gegenüber, wie jung das Menschengeschlecht im Vergleich zum Stammbaum der Thierwelt ist, aus dem es aufwuchs — wir müssen heute annehmen, dafs die ersten Geschöpfe, welche auf den Namen „Mensch“ Anspruch erheben durften, zwischen einer der letztverflossenen grofsen Eiszeiten auftraten, die vor vermuthlich 50—100 000 Jahren die nördlichen Gebiete von Amerika und Europa bis zu den Berggipfeln mit starrem Eise überzogen — vergegenwärtigen wir uns, sage ich, gegenüber der Jugend des Menschengeschlechtes die recht langsame Entwickelung dieses neuen Naturprinzips, nach welchem die Lebewesen selbst durch ihren eigenen Willen an der Leitung des Fortschritts der allgemeinen Naturentfaltung theilnehmen, so müssen wir davon überzeugt sein, dafs dieses ganz wunderbare Prinzip, dieser Funke göttlicher Schöpferkraft, der in uns lebt, noch ganz ungeahnte Fortschritte zu machen bestimmt ist und dafs die Menschengeschlechter kommender Zeitalter in einer wahren Märchenwelt leben werden, welche sie aus ihrer eigenen Kraft heraus sich aufbauten.

Mögen wir die gröfsten Erfindungen unserer Edisons auch noch so sehr anstaunen, so werden doch unsere Nachkommen, wenn sie nach einigen Zehnern von Jahrtausenden die Erdablagerungen unserer Zeit wieder aufwühlen und darin die Modelle unserer Dampfmaschinen oder auch die elektrischen Anlagen unserer neueren Zeit auffinden, nur ein mitleidiges Lächeln für uns haben und es kaum begreifen, wie doch offenbar intelligente Wesen so unpraktische Werkzeuge und Einrichtungen benutzen konnten, um dadurch die Natur-

Digitized by Google

kräfte in ihren Dienst zu zwingen. Ganz gewifs werden sehr viele Vorrichtungen kommender Zeitalter sich zu den gegenwärtigen so verhalten, wie etwa unsere Art des Feueranzündens zu der unendlich mühsamen Art und Weise, vermittels welcher primitive Völker der Vorzeit oder die heutigen Indianerstämme durch oft stundenlanges Reiben und Bohren die Moleküle in derartige Schwingungen zu versetzen wissen, welche den chemischen Prozefs der aufflammenden Oxydation einleiten.

In der That kann man sich beim Anblick unserer modernen, riesenhaften, schwerfälligen Maschinen des Eindrucks kaum erwehren, als sei hier die menschliche Technik zur Bezwingung der Naturgewalten auf einen durchaus unnatürlichen Abweg gerathen. Die Natur selbst schafft ihre grofsen Thaten, gegen welche doch unsere menschlichen Werke ewig Kinderspiel bleiben werden, allein nur durch unendliche Summirung allerkleinster Effekte. So riesige Maschinen, welche nur einen besonderen, einseitigen Zweck verfolgen, wie die des Menschen, brachte die Natur nirgends hervor; oder wenn sie wirklich einmal zu Urzeiten der Entwickelung der organischen Welt Organismen von riesenhaften Dimensionen schuf, wie beispielsweise die bis zu 30 Meter langen Saurier der Jurazeit oder die Riesensäugethiere des Diluvium, so mufste der Erfolg lehren, dafs hier ein Mifsgriff vorlag, aus dem dauernd Bestandfähiges nicht hervorgehen konnte. Auch baut die Natur gerade das, was sie am meisten bestandfähig machen will, nicht wie der kurzsichtige Mensch aus möglichst hartem Material — denn der Zahn der Zeit schreckt vor dem Härtesten nicht zurück — sondern sie sorgt von vornherein dafür, dafs die beim Betriebe ihrer Maschinen nothwendig angegriffenen Theile durch die Wirkung der Maschine selbst dauernd wieder ersetzt werden. Wollen wir aber mit der Natur erfolgreich rivalisiren, so können wir nichts Besseres thun, als sie zu kopiren versuchen. Dagegen zeigt doch der erste Blick und nicht minder das eingehendste Studium, dafs die Natur nirgends Maschinen konstruirt hat, die im Prinzip den unsrigen ähnlich wären, es sei denn etwa, dafs in ganz jüngster Zeit unsere Ingenieure bereits in der angedeuteten Richtung begannen, die Natur zu belauschen, wie z. B. die der Einrichtung unseres Herzens ähnliche Pulsometerpumpe beweist. Ferner könnte man die sich selbst an den betreffenden Reibungsstellen mit Oel versehenden Maschinen als ein Zeichen der zwar völlig unbewufsten Entwickelung in dem Sinne des fortwährenden Ersatzes angegriffener Theile des Organismus auffassen. Es ist ganz und gar nicht zweifelhaft, dafs in kommenden

Digitized by Google

Jahrhunderten in diesem Sinne eine vollkommene Umwälzung unseres Maschinenbauwesens stattfinden mufs.

Die neueren, ungemein bedeutungsvollen Forschungen haben weiter gezeigt, dafs die allerwichtigste Thätigkeit der Natur, nämlich die Umsetzung der anorganischen, toten Materie in lebendige Theile des Pflanzenorganismus, ausschliefslich nur in den allerfeinsten Haarröhrchen der Pflanzen stattfindet. Hier gehen chemische Umsetzungen vor sich, von denen sich die Chemiker bisher nichts träumen liefsen, welche letzteren jenen subtilsten wählerischen Bewegungen der unsichtbar kleinen Atome mit ihren plumpen Destillirkolben und Tiegeln vergebens zu Leibe zu gehen versuchten. Es mufs eine ganz neue Kapillar- oder Haarröhrchenchemie geschaffen werden, welche uns einstmals lehren wird, wie man in toten Gefäfsen von allerkleinsten Dimensionen die Atome der vier Organogene Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff zwingt, in derartige Verbindungen mit einander zu treten, dafs dieselben für uns nahrhafte Substanzen bilden, welche bisher nur die Pflanzen hervorzubringen vermögen. Damit wird dann mit einem Schlage die soziale Frage gelöst sein, da es an diesen vier Organogenen nirgends in der Welt jemals fehlen kann und jedermann also dann im stande sein wird, seine Nahrungsmittel im eigenen Hause unabhängig von Wind, Wetter und Jahreszeiten heranreifen zu lassen.

Alle diese und noch viele andere hier nicht angeführte Gesichtspunkte müssen jedem intelligenten Menschen, welcher nur ein wenig über den Kreis des für den Moment Allernothwendigsten hinausdenkt, die hohe Wichtigkeit vor Augen führen, welche für uns die Erkenntnifs der Naturgewalten eben zum Zwecke ihrer Unterwerfung besitzt. Die Natur soll unser Werkzeug werden; wie wäre es möglich, dasselbe nützlich anzuwenden, wenn wir seine Eigenschaften nicht kennen? Und Niemand sage sich, dafs er dieses Werkzeuges nicht bedürfe und auch Niemand glaube, dafs er nicht im stande sei, durch Studium und Beobachtung der Naturwirkungen einmal eine wichtige Entdeckung zu machen. Zwar viele arbeiten bereits mit fieberhafter Erregung, den Schleier der Naturgeheimnisse zu lüften, aber die Natur ist unendlich grofs und unendlich vielseitig, und oft kommt deshalb ein epochemachender Aufschlufs über das Naturgeschehen von ganz unerwarteter Seite her. In diesem Sinne anzuregen, vorzubilden, zu spornen, damit Jedermann in den Stand gesetzt sei, die Thätigkeit und die Werke der Natur mindestens kennen zu lernen, oder sogar zu ihrer Erforschung mitzuwirken, ist das Berliner Urania-Institut entstanden, dessen Organ die vorliegende Zeitschrift ist.

Digitized by Google

Aber die Begründer desselben sagten sich von vornherein, dafs es für eine lebendige Auffassung des Naturalwaltens nothwendig sei, dasselbe möglichst in seiner Gesamtheit vorzuführen, damit dem Besucher nicht nur die Theile einzeln vorgeführt würden, aus denen das lebendige Weltbild sich zusammenflicht, sondern dafs er zugleich auch, wenn er ein klein wenig weiter denken will, die Verbindungen entdeckt, durch welche alle Naturwirkungen mit einander verschmelzen. Denn die Naturwissenschaft beginnt nun endlich aus jenen Kinderjahren herauszuwachsen, in welchen man nur zu analysiren, d. h. das Gewebe der tausendfältigen Wirkungen auseinander zu lösen suchte, so etwa, wie es der neugierige Knabe mit einem Spielzeug macht, das er zertrümmert, um zu sehen, welch geheimnifsvolle Einrichtung sich in dessen Innern befindet. In der That aber war jene analytische Methode eine absolut nothwendige, weil die schwache menschliche Kraft ja nur immer ein Ding nach dem anderen zu studiren vermag. Hatten wir erst die einzelnen Wirkungen einigermafsen verstanden, so vermochten wir uns schliefslich wohl auch ein Gesamtbild ihres organischen Zusammenwirkens vorzustellen; doch müssen wir stets vor Augen behalten, dafs wir die Zertrennung des Naturganzen zum Zweck unseres Studiums fast ohne alle Vorkenntnisse willkürlich vornahmen. Wir zerlegten eben das Naturgefüge, ehe wir dasselbe seiner inneren Struktur nach kannten und stellten also dort Trennungslinien nach unserem Ermessen resp. nach den empfangenen physiologischen, d. h. also subjektiven Eindrücken her, wo solche naturgemäfs in den meisten Fällen gewifs garnicht berechtigt sind, das heifst unsere Systematik ist ursprünglich durchaus keine natürliche, und wir dürfen uns deshalb ganz und garnicht darüber wundern, wie es doch so vielfach geschieht, dafs wir zwischen den Naturkräften allerorten Uebergänge wahrnehmen, welche beispielsweise Schall, Wärme, Licht, Elektrizität oder physikalische mit chemischen Erscheinungen verbinden. Grenzen zwischen diesen Erscheinungen existiren eben in der Natur nicht oder doch nur selten da, wo wir solche hineintrugen. Das Hilfsgerüst beginnt nun endlich zu schwanken; es wird einmal ganz unnütz werden, wenn der Bau der naturwissenschaftlichen Erkenntnifs wenigstens in seinen äufseren Umfassungsmauern vollendet sein wird.

Alle Erscheinungen in der Natur kommen zweifellos in letzter Linie auf Bewegungen hinaus, welche die allerkleinsten unsichtbaren Theilchen der Materie, die Atome oder Moleküle ausführen. Nur die Gröfse und die Eigenart der Bewegungen charakterisiren die Naturerscheinungen. So können beispielsweise diese Bewegungen geradlinige

Digitized by Google

und gleichmäfsig fortschreitende sein, oder sich allmählich beschleunigende, kreisförmige oder in Wellenlinien fortschreitende oder auch hin- und herpendelnde oder endlich rotirende, bei denen der Schwerpunkt der Masse sich nicht von der Stelle bewegt, während die ganze Masse sich um sich selbst dreht.

Alle diese Bewegungen kommen in der Natur zweifellos vor; wir beobachten sie an den grofsen Massenansammlungen, welche wir in physikalischen Laboratorien oder auch am Himmel vor uns sehen: In geradlinig fortschreitender Bewegung scheinen sich die Fixsterne und unser ganzes Sonnensystem zu befinden, so weit wir es übersehen können. Eine beschleunigte Bewegung führt der fallende Stein aus, eine kreisende und rotirende Bewegung die Erde und fast alle übrigen Himmelskörper. Was endlich die beiden letzten Formen der pendelnden und wellenförmigen Bewegung anbetrifft, so nehmen wir sie zwar nicht ohne weiteres wahr, doch zeigt der Physiker unzweifelhaft, dafs dieses sogar die weitest verbreiteten Formen der Bewegung der Materie sind.

Präparirt man z. B. Wasser in der Weise, dafs man die Bewegung der einzelnen Theilchen desselben verfolgen kann, so bemerkt man, wenn die Oberfläche wellenförmig bewegt ist, dafs die einzelnen Theilchen des Wassers in bestimmten Intervallen regelmäfsig auf- und niederpendeln; wenn dann auf der Oberfläche die Abwechselung von Wellenberg und Wellenthal die Täuschung einer horizontal fortschreitenden Bewegung des Wassers hervorruft, so ist diese doch keineswegs vorhanden und tritt erst ein, wenn das Wasser wirklich wie in einem Flusse sich fortbewegt; dann verwandelt sich die pendelnde Bewegung der einzelnen Wassertheilchen in eine fortschreitend wellenförmige. Solche Wellenbewegungen sind es nun, welche je nach ihrer Geschwindigkeit die Eindrücke von Schall, Wärme, Licht, Elektrizität übermitteln. Würden wir z. B. die wogende Bewegung des Wassers so beschleunigen können, dafs in einer Sekunde an einer und derselben Stelle etwa neun Wellenthäler und Wellenberge auftreten, so würde dieses Wasser dadurch den tiefsten Ton erzeugen, welchen unser Ohr noch als solchen wahrzunehmen vermag. Diese Anforderung an die Bewegung der Wassertheilchen ist also keine exorbitante; eine scharfe Grenze zwischen der Wellenbewegung des Wassers und der des Schalles vermag garnicht gezogen zu werden. Nur unser physiologisches Auffassungsvermögen liegt zwischen zuweilen recht engen Grenzen. Während das Auge nicht mehr imstande sein würde, jener Wellenbewegung des Wassers zu folgen,

Digitized by Google

welche den tiefsten Ton hervorbringen könnte, da die Abwechslung von Wellenthal und Wellenberg nicht mehr einzeln erkennbar bliebe, so tritt nunmehr das Ohr in Funktion, welches erst auf mindestens so schnelle Schwingungen reagirt, um die empfangene Tonempfindung alsdann durch Vermittelung betreffender Nervenstränge dem Gehirn mitzutheilen. Bei weiterer Beschleunigung der Schwingungen entstehen nunmehr höhere Töne, der höchste bei ca. 49000 in einer Sekunde. Bei noch schnelleren Schwingungen bleibt unser Ohr wiederum unempfindlich; es theilt keinen empfangenen Eindruck mehr mit. Man mufs die Schwingungszahl sehr wesentlich erhöhen, um einen merklichen physiologischen Eindruck von seiten jener Nervenfasern zu erhalten, welche über unseren ganzen Körper vertheilt, die Empfindung der Wärme vermitteln. Hier schien also zwischen Schall und Wärme eine weite Kluft zu existiren.

Aber in neuester Zeit hat man auch hier vermittelnde Glieder gefunden; man hat sehr empfindliche Apparate zur Messung der Wärme konstruirt, das Bolometer, um welches sich namentlich der amerikanische Astronom Langley höchst verdient gemacht hat. Durch dieses Instrument ist es gelungen, selbst die Kraft der Wärmestrahlung zu messen, das heifst, die Grösfse der Wärmeschwingungen zu konstatiren, welche vom Eise ausgehen; denn das Eis ist ja keineswegs als etwas absolut Kaltes aufzufassen. Es ist nur ganz zufällig, dafs gerade auf unserem Weltkörper eine mittlere Temperatur herrscht, bei welcher der in der Natur verbreitetste Stoff, das Wasser, bei einigen Schwankungen dieser Temperatur seinerseits zwischen dem festen und flüssigen Zustande schwankt. Der Vorgang des Schmelzens oder Gefrierens ist dabei, physikalisch genommen, durchaus kein anderer, als der des Schmelzens oder Festwerdens des Eisens oder irgend eines anderen Metalls. Man hat bekanntlich in der letzten Zeit höchst interessante Versuche angestellt, welche beweisen, dafs jeder Körper, die sogenannten permanenten Gase nicht ausgeschlossen, bei Anwendung hoher Kältegrade und eines entsprechenden Druckes, welcher ihre Moleküle zwingt, sich eng aneinander zu schliefsen, in jeden beliebigen Aggregatzustand zu versetzen ist. So ist es dem berühmten Genfer Physiker Raoul Pictet, welcher seine epochemachenden Versuche gegenwärtig in Berlin fortsetzt, gelungen, Luft bei einer Kälte von 130° unter Null und einem Druck von hundert und einigen Atmosphären flüssig zu machen. Es ist eine schöne blaue Flüssigkeit; nicht viel fehlt mehr daran, diese Flüssigkeit sich kristallisiren zu lassen. Man hätte so wirklich aus Luft Steine fabrizirt. Das Hirngespinst des Immermann-

Digitized by Google

schen Epigonen Münchhausens wäre dann zur Wahrheit geworden; man müfste sich für den sprüchwörtlichen Begriff der Luftschlösser nach noch unmöglicheren Vergleichen umsehen, die in unserer Zeit, in der Naturwissenschaft und Technik geradezu das Unmöglichste hervorbringen, wahrlich schwer zu finden sein werden. Bekanntlich verwendet Raoul Pictet gegenwärtig seine grofsartige Anlage zur Erzeugung extremer Kältegrade, um gewisse, nur bei grofser Kälte kristallisirende Substanzen durch diese Kristallisation zu raffiniren; namentlich geschieht dies mit dem Chloroform, welches, in vollkommen reinem Zustande angewendet, sehr viel vortheilhafter wirkt und keinerlei üble Folgen zurückläfst. Dieses Raffiniren des Chloroforms entwickelt sich inzwischen zu einem zweifellos bedeutenden Industriezweige, und es zeigt sich, wie hier wiederum rein theoretische Untersuchungen auf ungeahnte Weise der Industrie nutzbar werden.

Die tiefsten Temperaturgrade, welche wir bisher erzeugen können, (etwa 130° unter Null) entsprechen vermuthlich etwa der Kälte des Weltraums, von welchem die Erde umgeben ist. Wäre die Erde also beispielsweise eine Kugel aus Eis, gänzlich durchkältet von einer Temperatur von ca. 30° unter Null, so müfste sie immerhin an den Weltraum noch so viel Wärme ausstrahlen, wie eine gleich grofse Kugel aus siedendem Wasser an eine Umgebung von 0°; denn diese gedachte Eiskugel wäre ja immer noch um 100° wärmer, als der umgebende Weltraum. Man hat nun bekanntlich durch gewisse theoretische Untersuchungen gefunden, dafs kein Körper eine tiefere Temperatur als 273° unter Null annehmen kann. Dieses ist der sogenannte absolute Nullpunkt. Erst bei dieser Temperatur also beginnen die Moleküle der Stoffe Schwingungen, welche wir als Wärme auffassen, und diese ersten Wärmeschwingungen werden von den höchsten Schallschwingungen nicht sehr verschieden sein.

Es ist nun bekannt, dafs man mit Hilfe der Spektralanalyse in den Stand gesetzt ist, die Lichtschwingungen ebenso in einer Stufenfolge nebeneinander zu reihen, wie die Schallschwingungen. Man fand dabei, dafs die rothen Schwingungen die langsamsten sind, die violetten dagegen die schnellsten. Es handelt sich hier nun schon um ganz enorme Geschwindigkeiten, die dafür in allerkleinsten Räumen vor sich gehen. Wo das rothe Ende des Spektrums aufhört, finden dennoch unsichtbare Schwingungen statt, welche vom Bolometer als Wärmeschwingungen erkannt werden. Es ist aber sicher, dafs es nur von der Konstruktion des betreffenden Auges abhängt, wie weit man hier noch die Empfindung von Licht hat, ebenso wie die ver-

Digitized by Google

schiedenen Ohren für die Auffassung der tiefsten und höchsten Töne verschieden veranlagt sind. Es scheint sogar, dafs gewisse Thiere diese sogenannten ultrarothen Strahlen noch sehr entschieden als Licht wahrnehmen.

Auch hier sind die in so vieler Hinsicht interessanten Ameisen merkwürdig; Jedermann weifs, wie besorgt diese geschäftigen Thierchen um die Erhaltung der Larven ihrer Nachkommenschaft sind. Wühlt man einen Ameisenhaufen auf, so dafs diese Larven, die sogenannten Ameiseneier, zu Tage treten, so haben die Thierchen nichts Eiligeres zu thun, als dieselben wieder im Dunkeln zu bergen. Macht man nun dieses Experiment derart, dafs diese Larven nur von ultrarothem Lichte, welches für uns vollkommener Dunkelheit entspricht, getroffen werden, so tragen die Ameisen auch aus den von diesem Lichte getroffenen Gebieten die Larven so schnell fort, als ob sie von hellem Lichte beschienen würden. Dies nur als ein Beispiel, wie individuell und abhängig von unseren physiologischen Einrichtungen die Begriffe der physikalischen Erscheinungen sich darstellen.

Durcheilt man nun die Farben des Spektrums, so kommt man endlich zu unsichtbaren Strahlungen, welche durch gewisse Versuchseinrichtungen, durch das Dazwischenschieben gewisser Substanzen sichtbar gemacht werden können und sich namentlich auch ohne weiteres durch ihre chemischen Wirkungen, z. B. auf der photographischen Platte, verrathen. Wir sind hier also noch keineswegs auf der höchsten Sprosse der Stufenleiter der Schwingungsbewegungen angekommen, welche das Weltall durchschwirren. Uns mangelt nur das Sinnesorgan, auf welches diese höheren Schwingungen einen Eindruck hervorzubringen vermögen; unsere physiologische Maschine ist zu grob für diese feinsten Eindrücke.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

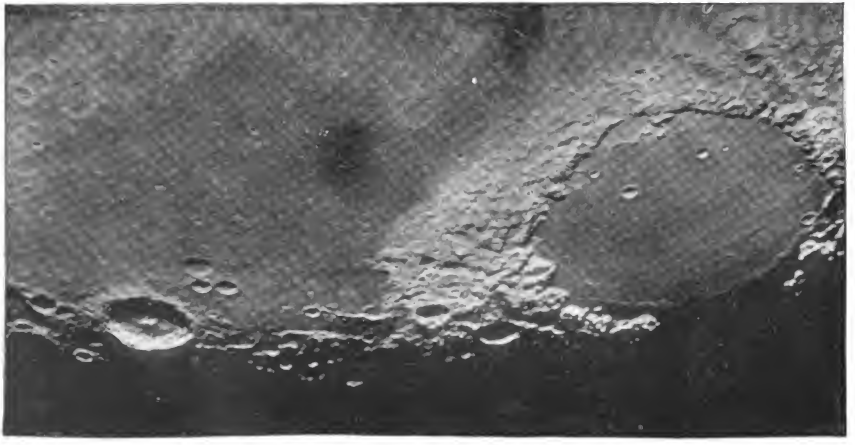
Photographie und Mondforschung.

Die verschiedentlich vermutheten und wahrscheinlich auch reellen Neubildungen oder Veränderungen auf der Mondoberfläche haben den Wunsch hervorgerufen, die definitive Entscheidung derartiger bedeutsamer Fragen, welche bisher nur durch eingehendes Studium der zahllosen wechselvollen Gestaltungen an der Hand detaillirtester Zeichnungen, deren Herstellung aber das Mafs der Arbeitskraft des Einzelnen weit übersteigt, zu erreichen war, auf dem bequemeren Wege der photographischen Fixirung anzubahnen. Mehrfache frühere Versuche in der angedeuteten Richtung sind zwar, wie es scheint, bereits von Erfolg begleitet gewesen; da aber zur Erlangung wirklich brauchbarer Resultate von entscheidendem Werthe relativ grofse Instrumente erfordert werden, so haben erklärlicherweise erst in neuester Zeit, mit der fortschreitenden photographischen Technik gleichen Schritt haltend, die Ergebnisse diejenige Stufe der Vollendung erreicht, welche als Mafs des zur Zeit Erreichbaren bezeichnet werden mufs. In der ersten Reihe steht hier mit ihren Leistungen die Licksternwarte, welche durch ihr gewaltiges Teleskop, dessen ausgezeichnete Eigenschaften allbekannt sind, sich in den Stand gesetzt sieht, alle ähnlichen Versuche in den Schatten zu stellen.[1])

Für die Zwecke des Detailstudiums und der Vergleichung mit den auf direkten Beobachtungen beruhenden kartographischen Hilfsmitteln bedürfen die photographischen Aufnahmen der an der Lichtgrenze liegenden Parthieen wegen ihres immer noch verhältnifsmäfsig kleinen Mafsstabes der in geeigneter Vergröfserung hergestellten Reproduktion. Wegen der unvermeidlichen Mängel, die mehr oder minder jedem Reproduktionsverfahren anhaften, verlieren diese Nachbildungen namentlich bei stärkeren Vergröfserungen so sehr an Intensität und Bild-

[1]) Bereits im ersten Jahrgang dieser Zeitschrift sind zwei vortreffliche Nachbildungen von Originalaufnahmen des Mondes auf dem Lickobservatorium erschienen, auf welche hier nur hingewiesen sein möge.

Digitized by Google



Ein Stück Mondoberfläche, photographirt auf der Licksternwarte am 31. August 1890.

Digitized by Google

Digitized by Google

schärfe, dafs sie in jeder Beziehung weit hinter den Originalaufnahmen zurückstehen. So ist denn auch die hier beigegebene vergrößerte Kopie einer Mondphotographie, welche am 31. August 1890 mit dem 36-zölligen Rieseninstrument der Licksternwarte erlangt wurde und in den Rahmen eines Mondbildes von 46 cm Durchmesser direkt hineinpassen würde, nicht entfernt mit dem Original vergleichbar; indessen stellt dieselbe doch die an der Schattengrenze gelegenen Mondpartieen vom mare Crisium bis zu der prachtvollen Wallebene Langrenus, die selbst bei Vollmond noch deutlich sichtbar bleibt, in einer Plastizität und Schönheit dar, die das reichhaltige Detail in der Umgebung des mare Crisium zu voller Geltung kommen läfst und bisher anderswo kaum erreicht sein dürfte.[2])

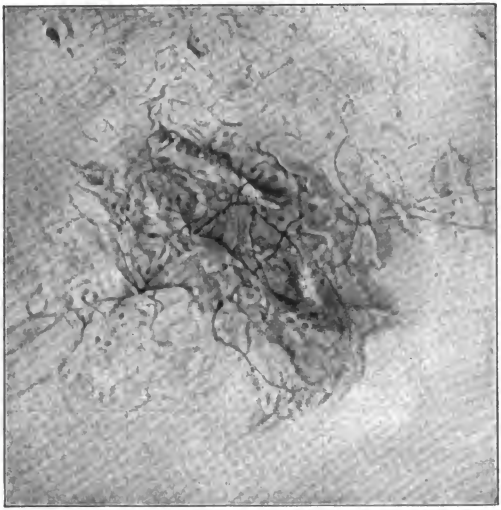
Wie genau selbst sehr zarte Einzelheiten zur Wiedergabe gelangt sind, wird aus einem Beispiel erhellen. Nordöstlich vom Langrenus in nächster Nähe desselben erkennt man drei zusammenhängende Krater; in geringem Abstande von diesen ist nach Norden zu eine ganz kurze von Schmidt entdeckte Rille von unverkennbarem Charakter aufserordentlich scharf zur Darstellung gekommen. Etwas weiter entfernt von der Schattengrenze werden die beiden kleinen Krater Messier sofort ins Auge fallen, die zu Mädlers Zeiten sich in jeder Beziehung ähnelten, während sie jetzt sowohl in der Form als in der Gröfse so erheblich von einander verschieden sind, dafs mit grofser Wahrscheinlichkeit an ihnen eine physische Veränderung als erwiesen angesehen werden kann. Die Formation zeichnet sich überdies durch den eigenthümlichen, von dem östlichen Krater ausgehenden doppelten Lichtstreifen aus, welcher mit der deutlich begrenzten, schmalen, dunkleren Zwischenpartie ganz und gar den Eindruck eines Kometenschweifes erweckt.

Von ungleich höherer Bedeutung als die vergrößerte Reproduktion direkter Aufnahmen ist ein von Professor Weinek in Prag kürzlich eingeschlagenes Verfahren, das geradezu berufen scheint, eine neue Aera in der Mondforschung einzuleiten. Die in durchscheinendem (künstlichem oder Tages-) Licht mit einer Lupe betrachteten Originalaufnahmen des Lickobservatoriums werden von dem genannten Mondforscher in aller Treue zeichnerisch kopirt. Zu diesem Zweck ist ein eigener Apparat gebaut worden, welcher gestattet, über die fest aufgestellte und mit einem auf Glas eingeritzten feinen quadratischen Liniennetze bedeckte Platte die Lupe in unveränderlicher Entfernung

[2]) Der Leser vergleiche auch die Darstellung derselben Mondgegend nach einer Zeichnung von Prof. Weinek im ersten Jahrgang von H. u. E.

Digitized by Google

von derselben in zwei zu einander senkrechten Richtungen hinzubewegen. Das der Orientirung dienende Liniennetz ist in der aus der Brennweite der Lupe und der normalen Sehweite des Zeichners abgeleiteten etwa zwanzigfachen Vergröfserung auf Zeichenpapier aufgetragen, so dafs die absolute Treue der Wiedergabe, die allerdings eine vollendete künstlerische Fertigkeit voraussetzt, nach Möglichkeit ge-



Mondgegend nördlich von Hyginus.

sichert ist. Die jetzt durchgängig von Professor Weinek in zwanzigfacher Vergröfserung hergestellten Mondbilder entsprechen übrigens einer mehr als tausendfachen Okularvergröfserung, die man unter gewöhnlichen Umständen beim Monde kaum noch anwenden kann, und würden zusammengefügt eine Darstellung der Mondoberfläche von 2.8 m Durchmesser ergeben.

Die geschilderte Methode ist bereits mehrfach im stande gewesen, unbekannte Objekte von merklicher Gröfse als vorhanden nachzuweisen, die bisher nicht verzeichnet worden waren, in einigen Fällen

Digitized by Google

aber schon optisch verifizirt werden konnten. Andererseits können auf diese Weise unter Umständen für die Existenz sehr schwieriger und zarter Details unwiderlegliche Beweise erbracht werden. Ein solcher Fall (die Auffindung einer Rille in Form eines λ mit dem 12-zölligen Refraktor der Urania) giebt Veranlassung, die Kopie eines Theils einer von Herrn Professor Weinek bereitwilligst zur Verfügung gestellten Zeichnung, welche unter anderem auch die neue Rille sehr schön erkennen läfst, diesem Hefte beizufügen.[3]) Die Zeichnung beruht auf einer Photographie vom 22. September 1891; sie stellt einen kleinen Theil der Mondoberfläche nördlich von dem durch eine aufsergewöhnlich deutliche Rille durchquerten Krater Hyginus dar und ist wohl geeignet, einerseits die aufserordentliche Mühe, welche aufgewendet werden mufs, zu veranschaulichen, andererseits die überwältigende Fülle der Einzelheiten allen Denjenigen vor Augen zu führen, welche diese Gegend kennen. „Es wimmelt gleichsam von (bisher meist unbekannten) Rillen, Gräben, Furchen und kleinen Kratern, so dafs die dargestellte Parthie besonderes Interesse zu erwecken geeignet erscheint."

Allerdings hat die optische Prüfung des photographischen Bildes gezeigt, dafs auch die Photographie, wie übrigens von vornherein zu erwarten stand, nicht Alles wiederzugeben vermag, was das Fernrohr zeigt, insofern gewisse Parthieen bei einer bestimmten Expositionsdauer überexponirt erscheinen müssen, während besonders zartes Detail überhaupt noch nicht zur Fixirung gekommen ist. Daher ist es durchaus nothwendig, den Mond in den wechselnden Beleuchtungsphasen möglichst oft mit möglichst verschiedener Expositionsdauer zu photographiren, um aus der Gesamtheit aller Aufnahmen ein durchaus getreues plastisches Bild von der Oberflächenbeschaffenheit unseres Trabanten zu erlangen, das für die weiteren Forschungen als zuverlässige Grundlage dienen kann. G. Witt.

Ueber Marsbeobachtungen während der Jahre 1883—1888 berichtet Dr. Lohse in No. 28 der Publikationen des kgl. astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Bei den verhältnifsmäfsig ungünstigen, klimatischen Verhältnissen Norddeutschlands wurde von Dr. Lohse nicht das Studium der feineren Oberflächendetails, welche

[3]) Dieselbe wird mit Vortheil aus gröfserer Entfernung betrachtet, da der Eindruck des Plastischen auf diese Weise stärker hervortritt.

Digitized by Google

durch Schiaparellis klassische Forschungen entdeckt worden sind, als erste Aufgabe in Angriff genommen, sondern das Hauptgewicht auf möglichst zahlreiche und genaue Messungen der Lage und Ausdehnung des nördlichen Polarflecks gelegt, wodurch ein Beitrag zur genaueren Bestimmung der Stellung der Marsaxe geliefert werden sollte. Eine bemerkenswerthe Genauigkeit erlangten Lohses Bestimmungen des Positionswinkels des Polarflecks durch die Anwendung eines mit dem Okular verbundenen, doppelbrechenden Kalkspatprismas, welches so lange gedreht wurde, bis die Mittelpunkte der beiden scheinbaren Marsscheiben und der Polflecken in eine gerade Linie fielen. Die einzelnen Einstellungen schwankten bei dieser Methode nur um höchstens 2 bis 3 Grad. Durch die Beobachtungen konnte nun zunächst konstatirt werden, dafs die Mitte des nördlichen Polarflecks während der Opposition von 1883—84 keinen merklichen Polabstand besafs, dafs aber Mitte März 1886 eine starke einseitige Abschmelzung des Fleckens eingetreten war und dafs auch im Jahre 1888 der Mittelpunkt des Flecks einen Polabstand aufwies, der sich aus den Beobachtungen zu fast 3^0 ergab. Ein interessantes Ergebnifs der Potsdamer Beobachtungen ist ferner die Feststellung, dafs die eben besprochenen Messungen in systematischer Weise von der Phase[1]) des Planeten beeinflufst werden, so dafs man bei der Reduktion diese Fehler ermitteln und eliminiren mufs. Am werthvollsten ist indessen das durch die zahlreichen Messungen Lohses gewonnene Material zur Bestimmung der Lage der Marsaxe, auf Grund dessen man später vermuthlich einmal das Phaenomen der Präcessionsbewegung, das wir bei der Erdaxe bereits kennen, auch am Mars wird nachzuweisen im stande sein. Das Vorhandensein einer derartigen, langsamen Schwankung der Marsaxe erscheint nach einer uns von Herrn Dr. Lohse gewordenen Mittheilung sogar schon jetzt beim Vergleich der neuen Messungsreihen mit älteren, von Herschel und später von Bessel ausgeführten, ziemlich bestimmt angedeutet.[2])

---

[1]) Da Mars, wie alle Planeten, nur auf einer Seite von der Sonne erhellt wird, erscheint er uns vor und nach der Opposition nicht ganz voll, jedoch ist dieser Phasenwechsel bei den äufseren Planeten in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen, während die inneren Planeten Venus und Merkur bekanntlich zu Zeiten auch als schmale Sichel erscheinen und also einen ebenso vollständigen Phasenwechsel, wie der Mond, zeigen.

[2]) Lohse berechnete aus seinen und Schiaparellis Messungen die Elemente der Marsaxe folgendermafsen:

1883,0 AR $= 318^{\circ}.215 \pm 0^{\circ}.064$,
„ Decl. $= 53^{\circ}.310 \pm 0^{\circ}.238$.

Digitized by Google

Die gleichzeitig mit den eben besprochenen Messungen ausgeführten Beobachtungen der Oberflächengebilde des Mars führten auf Grundlage von 24 Zeichnungen der Planetenscheibe zu einer kartographischen Darstellung der nördlichen Marshemisphäre, welche mannigfache Einzelheiten erkennen läfst und für zahlreiche, besonders markirte Punkte genauere Positionsbestimmungen liefert, wenn auch freilich die Mehrzahl der feinen, von Schiaparelli entdeckten Kanäle in Potsdam nicht gesehen werden konnte. Den Schlufs der Abhandlung bildet die Mittheilung des Ergebnisses einer auf photographischem Wege ausgeführten Vergleichung der Helligkeiten der chemisch wirksamen Strahlen von Mars und Jupiter. Die südliche Hemisphäre der Jupiteroberfläche besafs nach dieser Messung eine etwas mehr als doppelt so grofse Helligkeit, wie die Marsfläche, woraus für gleiche Abstände der beiden Planeten von der Sonne für Jupiter ein 24 mal so grofser Glanz violetten Lichtes folgen würde, als für Mars. F. Kbr.

Einige Neuigkeiten vom Mars.

Bekanntlich steht uns Mars während der diesjährigen Opposition so nahe, wie er uns seit 1877 nicht gekommen ist und bis 1909 nicht wieder kommen wird. Wenn der Planet freilich auch für unsere Breiten sich zu wenig über den Horizont erhebt, so ist dagegen zu erhoffen, dafs die südlicher gelegenen Sternwarten neue, interessante Dinge über unsere verwandte Nachbarwelt zu Tage fördern werden. Wir werden nicht verfehlen, nach Abschlufs der gegenwärtigen Beobachtungsperiode einen zusammenfassenden Bericht über diese Beobachtungen zu veröffentlichen.

Aus den wenigen Neuigkeiten, welche bisher in die Oeffentlichkeit drangen, sind vorläufig namentlich die Wahrnehmungen auf der Lick-Sternwarte hervorzuheben, welche zunächst ein neues Argument für die Ueberzeugung bieten, dafs die weifsen Polarkappen des Mars wirklich aus einem Etwas bestehen, das unserem Schnee und Eis verwandt ist und nicht, wie die weifsen Gebiete der Venus, aus Wolkenmassen. Die bisherigen Beobachtungen lassen diese Deutung ebenso wohl, wie die von ihrer eisigen Natur zu. Um das Gröfser- und Kleinerwerden derselben mit dem Wechsel der Saison zu erklären, brauchte man ja nur anzunehmen, dafs die im Winter konstante Wolkenbedeckung durch die Sonnenstrahlung und das dadurch bewirkte allmähliche Vordringen des schönen Wetters

Digitized by Google

nach den Polen hin verschwindet. Nun bemerkte aber Holden, dafs mitten in den weifsen Massen dunkle Flecke auftraten, welche sich vergröfsern und vermehren, während die Lage derselben konstant bleibt. Diese sind also als Stellen innerhalb der Eisregion aufzufassen, von welchen das Eis bereits abgeschmolzen ist; wären die weifsen Gebiete dagegen Wolkenmassen, so könnten diese dunklen Lücken unmöglich eine konstante Lage behalten.

Auch William H. Pickering, welcher seit einiger Zeit auf der 2457 m hoch unter — 16° 24' Breite auf dem peruanischen Hochplateau gelegenen Sternwarte bei Arequipa beobachtet, bestätigt (unabhängig von demselben) die Beobachtung Holdens in Betreff der dunklen Flecke. Der Erstere schreibt hierüber Folgendes:

„Am 23. Juli erschien ein kleiner dunkler Fleck in der südlichen Schneeregion des Mars. Später verlängerte sich dieser Fleck schnell, und in den ersten Tagen des Juli war er bereits 1000 miles lang, indem er den Schnee in zwei Hälften theilte."

„Kleine, dunkle Gebiete, von Schnee umgeben, erschienen am 10. Juli, und zwei Tage später beobachtete ich zuerst eine dunkle, gabelförmig ausgezweigte Linie vom Aussehen eines Y in der Richtung zur See hin. Am 14. wurde diese Linie deutlicher und am 16. erschien auf der nördlichen Seite der Gabelung der Y-Linie ein schwarzes Gebiet, etwa so grofs wie der Erie-See, über neuntausend □miles."

„Schnell sich verändernde, zart weifsliche Gebiete wurden oft bemerkt. Grüne Gebiete in der Nähe der Pole wurden zunächst während mehrerer Wochen nicht gesehen, aber Spuren derselben wurden oft vermuthet, bis am Sonntag (den 7. August) ein helles, grünes Gebiet deutlich beobachtet wurde."

Eine weitere wichtige Thatsache, welche man auf der Lick-Sternwarte festgestellt hat, ist der Mangel jeder wahrnehmbaren Verdoppelung eines Kanals. Da diese Verdoppelungen mit den Jahreszeiten auftreten und vergehen, so konnte Schiaparelli bereits 1889 vorhersagen, dafs während der Opposition dieses Jahres vermuthlich keine Verdoppelungen wahrgenommen werden würden, was sich völlig bestätigt. Erst im kommenden Spätherbste und Winter sind diese Verdoppelungen zu erwarten.

Bei dieser Gelegenheit möchten wir die bereits oben angedeutete Einschränkung, dafs die weifsen Regionen auf dem Mars nicht nothwendig als Eis, d. h. gefrorenes Wasser ($H_2 0$) anzusehen sei, noch einmal deutlich hervorheben. Wir können es dort ebensowohl mit irgend einer anderen chemischen Verbindung zu thun haben, welche bei

Digitized by Google

anderen Temperatur- und Druckverhältnissen dort die meteorologische Rolle des Wassers zu spielen vermag. Es lag uns in dieser Hinsicht jüngst ein sehr interessantes Manuskript vor, in welchem es wissenschaftlich sehr plausibel gemacht wurde, es handele sich hier um Kohlensäure, die ja ebensowohl, wenn auch erst bei tieferen Kältegraden, einen weifsen Schnee erzeugt. Die Entscheidung, ob wir es mit dem einen oder dem anderen Stoffe zu thun haben, ist augenblicklich nicht zu treffen. Es mag indefs genügen, zu sehen, dafs auf unserm Nachbarplaneten die meteorologischen Vorgänge sich in der That mit Hülfe dieses Stoffes ganz ähnlich wie bei uns abspielen, und es möge auch künftighin wohl erlaubt sein, von „Schnee" auf dem Mars zu reden, auch wenn man dabei nicht ausschliefslich an Schnee aus H_2O denkt. M. W. M.

Polariskopische Beobachtung der Venusoberfläche.

In letzter Zeit sind interessante Versuche gemacht worden, Aufschlüsse über die Gesteinsarten zu erhalten, aus welchen sich die festen Oberflächen der Planeten aufbauen. Dafs uns hierüber das Spektroskop keine Nachricht giebt, ist ja bekannt, da dasselbe nur das Licht selbstleuchtender Massen oder von Gasen zu untersuchen im stande ist, welche von einem Lichtstrahl durchdrungen werden. Feste oder feuerflüssige Körper beeinflussen das Spektrum nicht. Dennoch wird man, theoretisch genommen, keinen Augenblick darüber in Zweifel sein, dafs die Lichtwellen, welche von einem beleuchteten Körper zurückstrahlen, von den Eigenschaften seiner Oberfläche beeinflufst werden müssen. Es ist ihre chemische Zusammensetzung allein, welche die Farbe der Körper, d. h. die Gestalt derjenigen Lichtwellen bestimmt, welche von ihm verschluckt werden oder zurückstrahlen; aufserdem sind die von verschiedenen Mineralien reflektirten Strahlen in einer bestimmten Ebene polarisirt, d. h. die Lichtschwingungen gehen nur in einer bestimmten Ebene vor sich und die Stärke dieser Polarisation wechselt mit der Gesteinsart. Da man nun den Grad der Polarisation stets bestimmen kann, so wird die polariskopische Untersuchung des Lichts der Planeten uns auch Auskunft geben können über die petrographische Beschaffenheit ihrer Oberfläche.'

Von diesem Gesichtspunkte aus hat nun letzthin Landerer das Licht der Venus untersucht und fand, wie es zu erwarten war, dafs dasselbe überhaupt nicht von Gestein zurückgestrahlt, d. h. überhaupt

Digitized by Google

nicht polarisirt war. Dieses negative Resultat bestätigt unsere bisherige Vermuthung, dafs die Venusatmosphäre beständig von dichten Wolkenschleiern erfüllt ist.

Wenn wir hier vorläufig nur ein negatives Resultat konstatiren konnten, so ist doch zu erhoffen, dafs diese Beobachtungsmethode auf anderen Himmelskörpern, namentlich dem gegenwärtig günstig stehenden Mars, wichtige Aufschlüsse zu Tage fördert.

Was die in letzter Zeit wieder häufig mit grofser Deutlichkeit wahrgenommene weifse Polarkappe der Venus betrifft, so hält Landerer mit Trouvelot dafür, dafs dieselbe, ihrer grofsen Konstanz wegen, nicht wie die übrigen Theile des Planeten aus einer Wolkenmasse bestehe, sondern wirklich dem Boden der Venus angehöre, welcher hier an einzelnen Stellen als mächtiges Gebirge über die Wolkendecke hervorragen soll. Wir können uns, bevor nicht bestimmtere Beobachtungen hierfür vorliegen, dieser Ansicht nicht anschliefsen, vielmehr scheint alles dafür zu sprechen, dafs in den Polarregionen der Venus eben diese Wolkenschleier noch dichter und beständiger auftreten, wie in den übrigen Zonen derselben. M. W. M.

Die astronomischen Ursachen der Eiszeit.

Das Dunkel, welches über der Entstehung der von den Geologen unzweifelhaft nachgewiesenen Temperaturschwankungen in vorzeitlichen Entwickelungsperioden der Erde liegt, beschäftigt noch immer auf das Lebhafteste sowohl die direkt betheiligten Geologen selbst, als auch die Astronomen, welche wohl die allerwichtigsten Momente in dieser Streitfrage vorzubringen wissen. Es ist allbekannt, wie seinerzeit der englische Geologe Croll die notorischen Schwankungen der Sonnenbestrahlung infolge der veränderlichen Exzentrizität der Erdbahn und der Bewegung ihrer Apsidenlinie als die einzigen Ursachen der Eiszeit oder besser der verschiedenen Eiszeiten ansprach. Es ist auch ebenso bekannt, dafs diese Crollsche Theorie sehr vielfach angefochten worden ist. In letzter Zeit nun hat der vortreffliche englische Astronom Robert S. Ball darauf aufmerksam gemacht, dafs die ganze Crollsche Idee auf einem mathematischen Irrthum aufgebaut ist, welchen Croll, dem mathematische Untersuchungen unzugänglich waren, von dem gleichfalls nicht in erster Linie mathematisch begabten John Herschel aus dessen „Outlines of Astronomy“ entlehnt hatte. Croll nahm nämlich mit Herschel an, die gesamte Wärme-

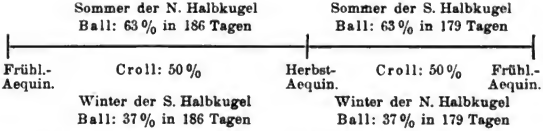
Digitized by Google

zufuhr, welche eine Halbkugel der Erde in ihrem Sommerhalbjahr von der Sonne empfängt, ist genau gleich der Hälfte der ganzen, uns in einem Jahre zuströmenden Wärme und zugleich auch immer gleich derjenigen, welche der anderen Halbkugel wiederum in ihrem Sommer zu Theil wird. Obgleich nämlich wegen der elliptischen Form der Erdbahn unser Sommerhalbjahr gegenwärtig um 7 Tage länger ist als das Sommerhalbjahr der südlichen Halbkugel, so befindet sich doch die letztere während ihres kürzeren Sommers der Sonne um so näher, da die Erde ihr Perihel gegenwärtig Anfang Januar passirt. Diese gröfsere Nähe sollte nach der Meinung Herschels und Crolls die geringere Dauer der Wärmezuströmung für die Südhalbkugel kompensiren.

Ball und vor ihm schon Wiener, Newcomb, sowie, wenn wir nicht irren, auch Dr. Zenker, haben nun dem entgegen gezeigt, dafs die Frage der Wärmevertheilung zwischen Sommer und Winter von der Exzentrizität, d. h. elliptischen Gestalt der Erdbahn überhaupt nicht abhängig ist, sondern durchaus nur von der Neigung der Erdaxe gegen die Ekliptik. Es kommen stets einer Halbkugel in ihrem Sommer 63 % der Gesamtwärmestrahlung zu, in ihrem Winter demnach 37 %. Dieses unzweifelhafte Resultat einer strengen mathematischen Rechnung verstärkt nun merkwürdigerweise die Crollschen Schlufsfolgerungen wesentlich, obgleich dieselben, wie oben erklärt, auf falschen Voraussetzungen beruht hatten und, so lange also diese falschen Voraussetzungen bestanden, mit Recht angezweifelt werden konnten. Diese 63 % Wärmezufuhr müssen gegenwärtig auf der südlichen Halbkugel in einem um 7 Tage kürzeren Sommer ausgegeben werden, als auf der nördlichen. Auf jeden Tag des südlichen Sommers kommt also ein gröfserer Wärmebetrag als auf einen Sommertag der nördlichen Halbkugel. Bei uns sind die Sommer lang und milde, auf der südlichen Halbkugel kurz und heifs. Mit dem Winter ist es umgekehrt; unser Winter ist kürzer als der unserer Antipoden, und dieselbe Wärmemenge mufs sich über den längeren Winter der südlichen Halbkugel vertheilen; auf jeden Wintertag kommt dort weniger Wärmezufuhr als bei uns. Die südliche Halbkugel hat also kalte, lange Winter und kurze, heifse Sommer, wir dagegen kurze, milde Winter und lange, milde Sommer.

Das hier abgedruckte Schema wird die Sache noch weiter versinnlichen.

Digitized by Google



Die südliche Halbkugel ist die der Extreme, unsere nördliche mehr ausgeglichen. Die Extreme werden nun immer auf derjenigen Halbkugel stattfinden, für welche das Perihel in die Sommerzeit fällt. Vermöge der Präzession und der Störungen der grofsen Planeten bewegt sich nun bekanntlich die Apsidenlinie der Erdbahn, d. h. die Richtung des Perihels etwa in 10500 Jahren um einen Halbkreis herum. In gleich langen Intervallen wird also abwechselnd die nördliche und die südliche Halbkugel die der Temperaturextreme sein, und mit diesen Extremen könnten oder müfsten wohl ausgedehntere Vergletscherungen eintreten, welche die geologische Thatsache der Eiszeiten zu erklären im stande sind.

Herr Professor Penck hat in seiner vortrefflichen, in diesen Blättern erschienenen Abhandlung über die Eiszeit die Ueberzeugung ausgesprochen, dafs dieselbe resp. die Eiszeiten auf der nördlichen und südlichen Halbkugel gleichzeitig, nicht alternirend, wie es hier vorausgesetzt ist, auftreten. Es scheint uns jedoch, dafs eine Unterscheidung der geologischen Horizonte, welche einem Zeitunterschiede von 10500 Jahren entsprechen, nicht gut möglich sei. Wir meinen, dafs es sehr wohl denkbar sei, dafs mehrere auf einander folgende Perioden von 10500 Jahren in den Ablagerungen geologisch mit einander verschmolzen erscheinen können.

Es kommt sodann für das Auftreten und Verschwinden der Eiszeit noch jene Verschärfung der angeführten extremen Verhältnisse in Betracht, welche aus der Veränderlichkeit der Exzentrizität der Erdbahn selbst entspringt und die, abgesehen von den durch die Präzession hervorgerufenen Schwankungen zwischen der Nord- und Südhalbkugel, für die ganze Erde gleichzeitig gilt. Durch diese Veränderlichkeit der Exzentrizität, welche in Perioden von hunderttausenden von Jahren eingeschlossen ist, verändert sich nämlich die Länge der Sommer- und Winterhalbjahre. Während jetzt, wie oben erwähnt, unser Sommer nur um 7 Tage länger ist als unser Winter, kann dieser Unterschied sich im Laufe der Jahrhunderttausende bis auf 33 Tage steigern, so dafs der Sommer einer Halbkugel 199 Tage lang sein wird, während der Winter nur 166 Tage umfafst. Jenes Verhältnifs der Strahlung von 63 % und

Digitized by Google

37 % bleibt auch dann noch dasselbe. Nun treten aber die Extreme, wie oben des Näheren erörtert, noch stärker hervor, und wir müssen deshalb die Perioden starker Exzentrizität der Erdbahn als die der grofsen Eiszeiten ansprechen, in denen sehr starke Vergletscherungen der nördlichen und der südlichen Halbkugel in Intervallen von 10500 Jahren mit einander abwechselten. Die gegenwärtige Epoche geringerer Exzentrizität ist der Entwickelung einer Eiszeit ungünstig, doch müfsten wir theoretisch augenblicklich die südliche Halbkugel als die vergletscherte, in Eiszeit befindliche ansprechen. M. W. M.

Die Schiffe des Columbus.

Die Urania veranstaltet zum vierhundertjährigen Jubiläum der Entdeckung Amerikas am 12. Oktober einen grofsen, dekorativ ausgestatteten Vortrag, in dessen erstem Theile die Entdeckungsgeschichte des neuen Erdtheils skizzirt wird. Aus diesem Theile des neuen Vortrags, der später auszugsweise in diesen Heften erscheinen wird, haben wir unser Titelbild ausgewählt, welches die Karavellen des Columbus in dem Augenblicke darstellt, da sie hoffnungsvoll mit geschwellten Segeln in die hohe See stechen, dem unbekannten Westen muthig entgegen.

Wir konnten unserer Ansicht nach den fünften Jahrgang unserer Zeitschrift nicht würdiger beginnen, als mit der Erinnerung an dieses grofse Ereignifs, welches einen so tief bedeutsamen Einflufs auf die gesamte Weltanschauung der Menschheit gewinnen mufste. Die Ueberzeugung von der Kugelgestalt der Erde, welche bis dahin nur im Besitze weniger hervorragender Geister war und für die man sich, wie überhaupt für kosmologische Fragen, allgemein gar wenig interessirte, war nun, da sie praktisch von Werth wurde, ungemein populär geworden. Alle Welt fabelte natürlich von dem Goldlande Indien, das man in entgegengesetzter Richtung ebenso gut wie in der bisher eingeschlagenen erreicht zu haben glaubte; denn diese Meinung war bekanntlich noch lange Jahre nach der ersten Entdeckungsfahrt des Columbus die allgemeine. Nun interessirte man sich plötzlich auf das Lebhafteste für die eigentliche Gestalt des mütterlichen Weltkörpers, und auch die übrigen Gestirne gewannen gleichzeitig an Interesse, wenigstens zunächst bei dem schifffahrenden Volke, das zu der transatlantischen Reise die Führung der Gestirne mehr und mehr benöthigte. Astronomische Betrachtungen bekamen praktischen Werth. So entstand,

Digitized by Google

namentlich in hervorragenden Geistern, ein mächtiger Anstofs zum Nachdenken über kosmologische Dinge, und wenn auch historisch nichts darüber nachzuweisen ist, so sind wir doch der bestimmten Ueberzeugung, dafs jene weltbewegenden Ereignisse auf das junge, empfängliche Gemüth des damals neunzehnjährigen Kopernikus von der einflufsreichsten Wirkung gewesen sind. Jedenfalls würde das ein halbes Jahrhundert nach der Entdeckung Amerikas bekannt werdende neue Weltsystem des Kopernikus kaum jemals zu einiger Popularität gelangt sein, wenn die Menschheit nicht durch jene grofsen Ereignisse, welche ja durch lange Jahre hin immer aufs neue Entdeckungen auf Entdeckungen sensationellster Art häuften, überhaupt Interesse an Fragen nach der Weltform und der Weltordnung gewonnen hätte.

Ein weiteres direktes Verdienst des Columbus um die Wissenschaft war bekanntlich seine Entdeckung der Variation der Magnetnadel, welche er auf seiner ersten Reise am 13. September 1492 machte. Wie viele hochinteressante Beobachtungen und Gedankenschlüsse sich an diese erste Ermittelung einer heute immer noch geheimnifsvollen Thatsache reihten, läfst sich kaum noch überblicken.

Von den indirekten Wohlthaten aber, welche uns Columbus durch diese kühne Unternehmung erwies, müssen wir ihrer erdrückenden Fülle wegen gänzlich schweigen. Es giebt kein Gebiet menschlicher Thätigkeit, menschlichen Denkens und Fühlens, das nicht unschätzbare Reichthümer aus dem neuen Kontinente empfangen hätte, Columbus verdoppelte mit der äufseren Welt auch den Horizont des Kosmos in uns. Wefs Standes, welcher Nation wir auch sein mögen, wir sind diesem Manne der That zur allergröfsten Dankbarkeit verpflichtet.

M. W. M.

Der gegenwärtige Ausbruch des Aetna.

Kurze Mittheilungen von Prof. **A. Riccò**.
Direktor des Observatoriums in Catania.

Das häufige Hervorbrechen grofser Rauchwolken aus dem Zentralkegel des Aetna, welches sich, begleitet von einigen Aschenausbrüchen, im Juni d. J. zeigte, sowie zahlreiche mikroseismische Bewegungen bildeten die Symptome für eine erhöhte Thätigkeit der vulkanischen Kräfte. Dessen ungeachtet trat vom 23. Juni bis zum 8. Juli eine Periode gröfserer Ruhe ein. Am Abend dieses Tages erfolgte gewissermafsen die Ankündigung des beginnenden Ausbruchs: Gegen $10^1/_2$ Uhr schleuderte der Vulkan eine Säule von Rauch und Asche bis in beträchtliche Höhe empor; in dieser ungeheuren

Digitized by Google

Wolke, welche die charakteristische Pinienform zeigte, fanden heftige elektrische Entladungen statt. Die Bewohner der Umgebungen des Berges verbrachten die Nacht in gröfster Aufregung, da die heftigen Erdstöfse, welche sich bis nach Catania und Mineo erstreckten, das ganze Fundament des gewaltigen Berges zu erschüttern schienen.

Am folgenden Tage (9. August) zeigte sich um $1^1/_4$ Uhr Nachts die Ausbruchsstelle zwischen Monte Nero und Montagnola, an einem Punkte,

Vom Ausbruch des Aetna im August 1892. (I.)

welcher etwa 1850 Meter über dem Meere und $22^1/_2$ Kilometer nordnordwestlich vom Observatorium in Catania liegt. Hier zeigte das Gelände eine Anzahl von Spalten, vorherrschend nordsüdlicher Richtung, aus denen mit gewaltigem Getöse dichte Rauchwolken hervorquollen. Gegen Abend leuchteten dieselben in röthlichem Scheine — ein Abglanz der in der Tiefe tobenden Gluthen. Von den verschiedenen Oeffnungen dieser Art entsandten die beiden untersten bald mächtige Lavaströme. Der aus der westlichen Oeffnung entspringende Strom flofs in südlicher Richtung und blieb in der Nähe des Monte Faggi stehen, während östlich die andere Oeffnung einen noch stärkeren Strom von ebenfalls südlicher Richtung hervorquellen liefs. Dieser theilte sich in zwei Arme, welche westlich und östlich vom Monte Nero flossen. Der westliche, gröfsere Zweig strömte östlich von den vulkanischen Bergen Capriolo, Ardicazzi, Concilio, Rinazzi, und später bis zu dem

Digitized by Google

Wege zwischen Monti Rossi und Monte San Leo. Der östliche Arm ging östlich von den Krateren Gemmellaro, Pinitelli, Elici bis zum Monte Camercia; diese Punkte wurden auch späterhin nur wenig überschritten. Durch das weitere Nachströmen der Lava wurde allmählich das ganze Gelände zwischen diesen beiden Strömen mit Lava überdeckt bis in die Nähe von Monte Guardiola. Nur die Spitzen der Berge, des Gemmellaro u. s. w., sowie zwei kleine Oasen, südlich von Monte Grosso und östlich von Rinazzo, blieben frei.

Während sich zunächst viele vulkanische Oeffnungen gebildet hatten, ging deren Zahl allmählich und bald zurück, und um die Zeit des

Vom Ausbruch des Aetna im August 1892. (II.)

20. Juli erblickte man vier kleine Berge, von denen drei sich in nordsüdlicher Richtung an einander reihten. Wie die Schlote eines langgestreckten unterirdischen Heerdes spieen dieselben fortwährend Rauch, Steine und Bomben aus, während die Lava sich aus den beiden tiefer gelegenen Oeffnungen ergofs.

Um die Zeit des 12. August nahm die vulkanische Thätigkeit aufs neue zu. Diesmal barst die Rinde des Berges etwa 400 Meter nördlich von den früheren Oeffnungen; durch die ausgeworfenen Massen hatte sich bald ein grofser Krater gebildet. Dieselbe Erscheinung trat dann noch einmal am 19. August auf, diesmal zwischen dem ersten

Digitized by Google

und zweiten Hauptkrater. Gegen die Mitte des Monats August hörte die Lava von den südlichen Krateren zu fliefsen auf; aber mehrere Lavaquellen südöstlich vom Fufse jener Kegel nähren noch die Lavaströme, auch hat die Eruption bis jetzt noch nicht aufgehört.

Die Photographie No. I veranschaulicht die Reihe der Ausbruchskegel von einem 500 Meter nordwestlich gelegenen Punkte aus gesehen. Rechts erblickt man auch den Beginn des einen Lavastromes, sowie den Monte Nero.

Das Bild No. II zeigt den in der Mitte gelegenen Kegel, welcher aus drei Oeffnungen weifsen, grauen und tiefschwarzen Dampf hervorschleudert; zur Rechten sieht man den Krater, welcher oben Schlacken und Rauch ausstöfst, während unten die Lava abfliefst; zur Linken erblickt man eine Rauchsäule, welche dem ersten Krater der erwähnten Reihe entspringt.

Noch einmal der neue Stern im Fuhrmann.

Telegraphisch wurde am 2. September die Nachricht verbreitet, dafs der neue Stern im Fuhrmann wieder sichtbar geworden und schon am 21. August von Espin als Stern neunter bis zehnter Gröfse wahrgenommen werden konnte. Diese auffallende Thatsache ist inzwischen von verschiedenen Seiten bestätigt worden und mit Spannung warten die Astronomen ab, ob sich vielleicht ein abermaliges, helles Aufblitzen des Sterns in Bälde ereignen wird. Prof. Barnard hat die Nova sogar, wie nachträglich bekannt wird, schon am 19. August mit dem 36-Zöller der Licksternwarte als kleinen Nebel mit einem sternartigen Kern zehnter Gröfse beobachtet.

Neu entdeckter Komet.

Am 27. August wurde von Brocks im Sternbilde des Fuhrmanns ein neuer teleskopischer Komet entdeckt, dessen Helligkeit sich im Zunehmen befindet, und der seinen Weg zunächst nach den Zwillingen hin nehmen wird, so dafs er am besten in den späteren Nachtstunden beobachtet werden kann.

Die Entdeckung eines fünften Jupitersatelliten durch Prof. Barnard auf der Lick-Sternwarte wurde uns am 13. Sept. telegraphisch gemeldet. Der neue Trabant soll dem Jupiter sehr nahe stehen und mit der Helligkeit eines Sterns 13. Gröfse leuchten. In astronomischen Kreisen hat diese Nachricht begreiflicherweise viel Aufsehen erregt. Wir kommen, sobald Näheres bekannt wird, auf diesen Gegenstand zurück.

Digitized by Google

Robert Stawell Ball: The story of the heavens. With eighteen coloured plates and numerous illustrations. New and revised edition. — Cassell and Comp. London, Paris und Melbourne 1892. XX und 556 Seiten gr. Oktav. Preis 12 sh. 6 d.

Das Studium des vorliegenden, die neuesten Ergebnisse astronomischer Forschung berücksichtigenden populären Werkes über Himmelskunde, dessen erste Auflage vor sechs Jahren erschienen ist, kann allen denjenigen, welche sich auf mühelose und unterhaltende Weise mit den wichtigsten Errungenschaften namentlich auch der neueren Zeit bekannt und vertraut machen wollen, auf das angelegentlichste empfohlen werden. Trotz der für populäre Schriften durchaus gebotenen und auch hier innegehaltenen Beschränkung in der Behandlung des weitschichtigen Stoffes läfst der äufserst anregend geschriebene Inhalt die wünschenswerthe Gründlichkeit und Ausführlichkeit keineswegs vermissen; die beigegebenen Abbildungen sind sorgfältig ausgewählt. An Stelle der Nasmythschen Mondbilder würde indessen wohl den Darstellungen der Mondoberfläche nach Lickphotographieen oder nach Zeichnungen aus Neisons Atlas der Vorzug zu geben sein, und die ziemlich unvollkommenen Abbildungen der Jupiteroberfläche nach Trouvelot hätten mit Vortheil durch einige mustergültige Keelersche Zeichnungen ersetzt werden können. Obgleich es befremdlich erscheinen mufs, dafs die Erwähnung anderer als englischer resp. amerikanischer Forscher in einigen Kapiteln ersichtlich aufs ängstlichste vermieden wird, so beeinträchtigen doch diese geringfügigen Ausstellungen keineswegs den Genufs, welchen dem Leser das Studium des Werkes bereiten wird, das einige Abschnitte von fast dramatischer Lebendigkeit enthält und sich sehr wohl auch zu einer deutschen Bearbeitung eignen würde. Der Preis des Werkes kann als ein angemessener bezeichnet werden. G. W.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde

Die Hitze im August 1892.

Von Prof. Dr. W. J. van Bebber.

Die beispiellos grofse Hitze, welche vom 15. bis zum 25. August 1892 in unseren Gegenden herrschte, ist nicht allein wegen der hohen Temperaturgrade bemerkenswerth, sondern auch ganz besonders wegen ihrer langen Dauer und wegen der physiologischen Wirkungen der direkten Sonnenstrahlung bei geringer Luftbewegung, so dafs die Witterung in diesem Zeitabschnitte einen nahezu tropischen Charakter trug.

Die Wetterkarte auf Seite 61 (Fig. 1) veranschaulicht die höchsten Temperaturen (in Graden Celsius), welche in dem Zeitabschnitte vom 11. bis zum 26. August an verschiedenen meteorologischen Stationen Europas gemessen wurden. Für Rufsland (aufser St. Petersburg) sind hierfür die höchsten Temperaturen um 1 Uhr Nachmittags, welche nicht sehr erheblich unter dem Temperaturmaximum liegen, eingesetzt worden. Die gröfseren, durch fetten Druck eingeschriebenen Zahlen bedeuten die ungefähren Eintrittszeiten der höchsten Temperaturen. Die eingezeichneten Linien verbinden die Orte mit gleicher höchster Temperatur.

Das Verbreitungsgebiet der abnorm hohen Temperaturmaxima ist auf unserer Karte sehr deutlich abgegrenzt: als eine ziemlich breite Zone erstreckt es sich von der iberischen Halbinsel nordwärts über die Pyrenäen hinaus nach dem kontinentalen Frankreich und Deutschland und von hier aus nach Oesterreich-Ungarn. Das nordwestliche, südliche wie östliche Europa betheiligen sich hieran nicht, vielmehr herrscht in diesen Gebieten meist eine verhältnifsmäfsig kühle Witterung. Das verschiedenartige Verhalten von Land und Meer in Beziehung auf die Wärmeverhältnisse ist durch die Begrenzungslinien über Nordwest-

Digitized by Google

wie Südeuropa ziemlich gut angedeutet, so dafs hierdurch der die Temperatur-Extreme mildernde Einflufs der See deutlich hervortritt. An den Küsten des Nordseegebietes erreichen die Wärmeextreme 30° C. nicht, in den südlichen Küstengebieten der Ostsee steigen sie höchstens bis auf 32° an, während sie im Mittelmeergebiete fast überall unter 35° bleiben.

Dafs diese hohen Temperaturen in unseren Gegenden nicht in der übermäfsigen Erhitzung des nördlichen Afrikas, der Sahara, ihren Grund hatten, dafür spricht der Umstand, dafs diese Gegenden durchaus kein Uebermafs, vielmehr noch einen Mangel an Wärme zeigten. Ja die Temperatur an weit nach der Sahara vorgeschobenen Punkten, wie Biscra (38°) wurde durch diejenige Mitteleuropas stellenweise übertroffen, und das Temperaturmaximum von Lagouat (41°) war noch um 1° niedriger als dasjenige zu Madrid, Biarritz und Bordeaux.

Es kann keineswegs behauptet werden, dafs im allgemeinen starke Erwärmungen des nördlichen Afrikas eine Temperaturerhöhung in unseren Gegenden zur Folge haben, vielmehr sind starke Erwärmungen in den niederen Breiten ganz geeignet, ein Hochdruckgebiet auf dem nordatlantischen Ozean hervorzurufen, wie es so häufig in unseren Sommern der Fall ist, welches sich sehr häufig nach der Gegend der britischen Inseln lagert, wodurch veränderliche Witterung mit nafskühlen westlichen und nordwestlichen Winden bedingt wird.

Die höchsten Temperaturen entfallen auf die zentralen Theile der iberischen Halbinsel und den Südwesten Frankreichs, wo die Maxima bis zu 42° hinaufgehen, dann auf das südöstliche und südliche Deutschland, wo Temperaturmaxima bis zu 39° vorkommen, und auf Ungarn, wo stellenweise 38° C. beobachtet wurde.

Im Aprilheft 1892 dieser Zeitschrift habe ich für Europa die Extremtemperaturen ausführlich besprochen, sowohl solche, auf welche man sich in jedem Jahre durchschnittlich gefafst machen kann, als auch solche, welche nur gelegentlich in den extremsten Fällen vorkommen und habe 38° C. als die höchste Temperatur bezeichnet, welche in Deutschland nur in den äufsersten Fällen erreicht wird. Soweit mir bekannt ist, wurde diese Temperatur während der diesjährigen Augusthitze nur an einer Station überschritten, nämlich zu Grünberg, wo am 19. August 39° C. beobachtet wurden*). Bei allen diesen Be-

*) Während des Druckes geht mir die Uebersichtstabelle der Witterungsverhältnisse in Bayern für August 1892 zu. Hiernach hatte Amberg am 18. August ein Temperaturmaximum von 39.8° (Erlangen 38.1°, Bamberg 38.3°).

Digitized by Google

trachtungen gilt hier selbstverständlich die Temperatur im Schatten, und nicht unter dem unmittelbaren oder mittelbaren Einfluſs der Sonnenstrahlung.

Die folgende Tabelle enthält die Temperaturmaxima für jeden Tag des Zeitraums vom 11. bis zum 26. August für eine Anzahl meteorologischer Stationen in Europa sowie für einige Nachbarstationen, und gewährt ein übersichtliches Bild über die Gröfse und die Verbreitung der Hitze. Die hinter der Station eingeklammerten Zahlen bedeuten mittlere absolute Maxima, oder die höchsten Temperaturen, auf welche man sich in jedem Jahr an den betreffenden Orten durchschnittlich gefafst machen kann.

Temperaturmaxima
in der Zeit vom 11.—25. August 1892. °C.

		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Britische Inseln	Stornoway	16	16	16	**17**	15	16	14	14	16	15	16	16	18	15	16	14
	Valentia	19	18	18	17	18	17	18	**19**	18	18	19	17	17	17	17	17
	Scilly	21	20	19	**22**	21	20	18	20	19	21	21	21	21	20	18	18
	Yarmouth	17	20	22	22	**23**	19	19	18	18	16	18	19	19	20	19	19
	Shields	17	**22**	19	19	20	18	16	14	14	20	20	**22**	19	17	20	17
	London (31)	22	24	24	23	24	21	27	24	18	22	24	26	**27**	23	21	22
	Oxford	21	23	20	22	22	20	**25**	20	21	22	23	24	**25**	22	21	19
	York	18	23	19	20	21	19	18	17	21	22	25	24	**26**	21	18	18
	Parsonstown	21	19	**20**	18	18	15	18	19	19	20	**22**	20	17	15	17	17
Skandinavien	Bodö	10	10	12	13	16	**17**	12	14	17	12	13	13	10	11	12	13
	Christiansund	11	11	12	14	**17**	15	13	14	15	12	14	14	13	13	15	11
	Skudesnaes (22)	13	12	15	13	13	16	14	14	14	15	15	16	**18**	16	17	14
	Christiania	17	18	17	18	.	18	16	17	15	17	.	.	19	**20**	19	18
	Kopenhagen	17	16	19	21	21	20	20	20	21	21	20	21	23	25	**26**	18
	Haparanda	17	.	15	14	10	19	**19**	17	17	15	15	14	17	11	14	15
	Stockholm	19	19	19	19	21	18	20	21	19	24	22	24	26	26	26	**28**
	Wisby	17	17	20	20	18	19	18	18	20	23	22	22	20	23	24	**28**
	St. Petersburg (29)	14	17	16	20	20	19	17	17	19	19	19	19	21	22	26	**30**
Frankreich	St. Mathieu (32)	22	22	20	20	21	**26**	25	20	21	22	22	24	25	22	22	21
	Paris (33)	22	26	31	27	28	**34**	**34**	**35**	27	24	27	29	31	23	21	21
	Clermont	21	25	32	30	33	**38**	32	33	28	22	23	29	31	20	23	22
	Ile d'Aix	25	29	28	29	21	**33**	23	28	22	24	29	29	26	21	22	21
	Biarritz	24	31	26	30	27	**42**	**40**	26	23	23	26	32	22	19	21	22
	Perpignan	23	30	27	28	27	27	**34**	**34**	29	26	29	30	(30)	25	24	27
	Nizza (31)	25	27	28	27	.	32	31	**33**	30	27	27	27	29	28	25	25
Belg. Niedl.	Brüssel	20	24	28	25	23	27	30	**35**	27	21	24	26	32	29	17	20
	Utrecht	19	22	26	23	23	24	**28**	27	25	22	22	27	**29**	**29**	20	20

Digitized by Google

		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Deutschland	Borkum (28)	15	18	24	**29**	19	20	22	21	20	19	20	24	25	**29**	23	17
	Helgoland	16	17	23	19	18	20	21	19	20	19	19	22	**27**	24	22	17
	Hamburg (30)	16	19	24	22	23	23	30	21	30	24	23	26	**31**	29	27	18
	Swinemünde (30)	18	19	25	19	21	23	31	20	27	25	21	19	28	**32**	31	20
	Neufahrwasser (31)	20	19	21	24	23	23	27	20	27	25	24	19	22	**32**	**32**	25
	Memel (30)	16	17	18	21	22	18	19	17	22	26	21	20	24	**29**	**29**	23
	Münster i. W.	20	24	26	23	24	24	31	26	**34**	22	23	29	32	28	23	21
	Kassel (33)	22	25	27	27	30	32	**36**	34	**36**	30	27	32	32	32	27	.
	Berlin (34)	18	22	27	26	29	26	**35**	28	**34**	30	27	28	31	33	33	25
	Grünberg	22	21	29	29	32	28	35	**31**	**39**	**38**	30	31	37	37	36	20
	Breslau (31)	20	22	24	29	30	27	33	30	**37**	**36**	30	29	30	34	33	23
	Kaiserslautern	21	23	27	25	29	31	**34**	**35**	32	24	26	27	29	29	23	19
	Karlsruhe (32)	21	23	27	27	30	31	**36**	**35**	33	25	28	28	29	20	23	21
	Bamberg	21	23	27	28	30	30	**36**	**38**	34	29	30	31	22	33	27	21
	München (30)	19	21	25	28	29	30	**33**	**34**	32	27	27	28	29	30	27	19
Oesterr.-Ungarn	Wien (33 ½)	20	22	24	29	29	31	34	**36**	**36**	34	32	31	29	28	30	22
	Prag (33)	19	23	25	30	31	30	**36**	**35**	33	33	31	31	32	32	31	22
	Krakau	22	22	24	27	30	28	30	30	33	**35**	31	29	28	30	39	22
	Lemberg	19	20	22	24	27	28	26	29	26	**32**	**31**	28	28	28	29	**24**
	Pest (33)	25	24	25	27	29	33	35	**38**	33	36	**37**	35	33	29	32	.
	Hermannstadt (32)	32	24	21	26	.	31	30	33	**35**	34	34	33	31	26	30	31
	Triest	24	26	29	29	30	31	31	32	33	33	**36**	32	31	29	30	25
Iber. II.-I. Italien	Sulina	.	.	25	25	26	.	28	**32**	.	27	28	.	.	.	27	.
	Bukarest	.	30	25	27	.	31	33	**35**	31	31	**34**	.	.	33	.	30
	Constantinopel	30	.	27	27	27	27	29	30	29	27	**38**	27	26	29	25	25
	Sofia	.	28	23	23	25	28	.	**32**	**32**	29	**32**	31	29	.	.	.
	Athen (38)	30	30	31	23	29	31	30	31	.	.	29	**32**	**32**	31	28	32
	Madrid (40)	22	37	.	39	40	**42**	**42**	33	24	28	32	34	29	21	.	.
	Lissabon (36)	31	31	30	35	**38**	35	30	20	.	29	30	25	23	22	24	26
	Florenz	24	**27**	29	32	33	35	36	**38**	35	33	32	27	29	.	26	26
	Livorno	26	27	27	28	29	29	30	**34**	31	30	27	27	27	**34**	27	27
	Rom (35)	28	29	30	30	31	32	**34**	**34**	**34**	**34**	**34**	30	29	30	30	28
	Brindisi	32	29	.	26	30	31	31	**32**	31	**32**	31	31	28	.	30	30
	Cagliari	.	31	31	31	**32**	28	31	28	28	**32**	**32**	31	30	27	30	31
	Malta	31	28	30	28	29	27	28	29	29	**33**	31	31	28	27	28	31
Algerien	Nemours	28	29	27	28	**30**	29	28	29	29	27	28	26	29	27	**26**	26
	Algier	27	26	29	28	29	29	32	**34**	32	27	27	28	31	30	29	26
	Tunis	31	30	29	30	30	.	33	35	**39**	.	32	32	31	33	35	32
	Biscra (45)	37	**38**	36	34	33	36	35	36	33	35	**37**	**37**	36	**37**	**37**	32
	Lagouat	39	.	.	35	35	35	35	30	38	34	38	**40**	**41**	39	37	37

Digitized by Google

		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
Höhenstation	Pug-de-Dôme (1467 m)	10	17	**20**	20	23	**28**	27	22	16	9	21	18	20	11	8	10
	Pic d. midi (2859 m) .	7	9	9	.	12	**14**	11	8	1	3	7	9	5	−0.4	1	5
	Sonnblick (3100 m) .	4	2	7	7	8	8	**11**	9	8	7	7	6	6	6	4	3
	Obir (2044 m) . . .	7	12	16	19	18	20	**23**	**23**	21	22	22	20	17	18	15	11
	Schneeberg (1460 m)	11	17	18	22	27	25	29	**30**	27	**30**	28	25	26	25	25	15
	Semmering (1005 m) .	17	.	12	24	25	25	23	**31**	29	29	27	24	27	21	14	17

Um 1 Uhr Nachmittags.

Rußland	Archangelsk (29) .	13	14	15	13	14	18	**19**	15	11	9	8	9	9	14	12	12
	Riga	16	16	18	23	20	19	21	16	18	23	18	19	23	27	**28**	**29**
	Wilna	18	18	18	25	23	20	20	16	21	24	25	21	26	28	30	**31**
	Moskau (31) . . .	20	15	18	18	24	20	16	15	16	16	16	20	17	22	26	**28**
	Kasan (31)	18	18	18	17	18	21	15	16	16	15	**20**	16	14	13	16	18
	Katherinenburg (31)	19	**21**	20	16	18	13	17	13	19	15	14	13	13	14	11	12
	Kiew (32)	22	20	15	24	27	29	22	**30**	22	26	29	28	26	24	**30**	31
	Astrachan (36) . .	20	**32**	30	25	26	30	30	26	22	21	20	24	30	21	23	29
	Barnaul (32) . . .	25	22	22	22	25	22	22	15	.	28	**30**	24	24	20	25	18
	Tomsk	18	14	20	24	26	27	25	22	18	24	**27**	24	20	21	20	18

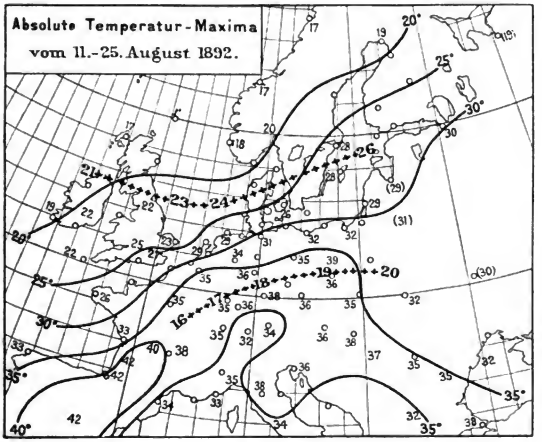


Fig. 1.

Die Fortpflanzung der höchsten Wärmegrade ist aus der Tabelle und aus der Karte (Fig. 1) deutlich zu ersehen: am 15. traten die

Digitized by Google

höchsten Maxima ein auf der iberischen Halbinsel, am 16. über Süd- und Westfrankreich, am 17. über dem westdeutschen Binnenlande, am 18. über dem centralen Deutschland und Nordösterreich, am 19. an der ostdeutschen Grenze und in Ungarn, am 20. über Westrufsland, und an den folgenden Tagen in den östlicher gelegenen Gebietstheilen. Wir haben hier also eine deutlich erkennbare Fortpflanzung von West nach Ost. Eine zweite Erwärmung beginnt am 21. über den britischen Inseln, und pflanzt sich nach und nach über das südliche Ostseegebiet ostwärts nach den rufsischen Ostseeprovinzen fort. Diese Erwärmung streifte auch die deutschen Küstengebiete, wo Temperaturmaxima von 29 bis 32° Grad beobachtet wurden.

Rufsland bis über Westsibirien hinaus wurde von den extremen Wärmeerscheinungen des Westens nicht berührt, die Temperatur blieb hier verhältnifsmäfsig niedrig, so dafs hier die Wärmemaxima geringer waren, als es den durchschnittlichen Verhältnissen entspricht.

Es entstehen nun die Fragen, auf welche Weise diese aufserordentlichen Wärmeerscheinungen entstanden sind, wie sie sich entwickelten, und wie sie ihr Ende erreichten. Ueber diese Fragen geben uns die täglichen Wetterkarten die beste Auskunft.

Nach unserer Wetterkarte (Fig. 2) liegt am 16. Morgens ein Hochdruckgebiet mit ruhiger, heiterer Witterung über Centraleuropa, Wind und Wetter von ganz Mittel- und Südeuropa beherrschend, während das Nord- und Ostseegebiet unter dem Einflufse einer über Nordeuropa lagernden Depression steht. Ein barometrisches Maximum befindet sich über Süddeutschland und wird, der Regel entsprechend, umkreist von Winden, die der Bewegung der Uhrzeiger folgen: über West-Frankreich haben wir südliche und südöstliche, über Norddeutschland westliche, über Westrufsland westliche und nordwestliche Winde. Die starke Erwärmung, welche an diesem Tage über der iberischen Halbinsel herrschte, breitet sich durch den Lufttransport weiter nach Nordosten aus, während in Westrufsland die Temperatur noch um ein Geringes herabgeht. Am 17. tritt im westdeutschen Binnenlande fast allenthalben die gröfste Erwärmung ein. Die Wetterlage am 17. Morgens ist durch das kleine Nebenkärtchen (Fig. 2) dargestellt: das barometrische Maximum hat sich nach der Adria verschoben, während die Depression im Nordwesten nach dem südlichen Nordseegebiet vorgedrungen ist. Ueber Deutschland und Frankreich wehen bei heiterer Witterung schwache südwestliche Winde (Landwinde), unter deren Einflufs die hohen Temperaturen fortdauerten und sich weiter ausbreiteten.

Digitized by Google

So war es in erster Linie der Lufttransport, in zweiter Linie die Wirkung der Sonnenstrahlung, wodurch solche aufserordentliche Wärmegrade verursacht wurden. Die aufsergewöhnlich hohen Temperaturen im letztverflossenen Mai, welche noch in frischer Erinnerung sind, hatten denselben Ursprung, wie im August, sie entstanden nämlich hauptsächlich durch den Lufttransport aus südlicheren Gegenden. Es ist dieses

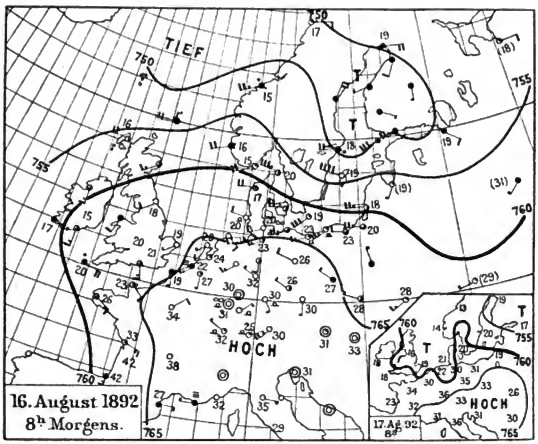


Fig. 2. **Wetterkarte vom 16. Aug. 8h, Nebenkarte vom 17. Aug. 8h.**

Erklärungen: Die eingezeichneten Linien (Isobaren) verbinden die Orte mit gleichem (auf das Meeresniveau reducirten) Barometerstande. Die eingeschriebenen Zahlen bezeichnen die Maximal-Temperaturen des betreffenden Tages in ganzen Graden Celsius. Die Pfeile fliegen mit dem Winde. ◎ Windstille. ⎽ = schwacher, ⎽⎽ = mässiger, ⎽⎽⎽ = starker, ⎽⎽⎽ = stürmischer Wind, ⎽⎽⎽ = Sturm, → = Zug der oberen Wolken, ○ klar, ◔ 1/4 bedeckt, ◑ 1/2 bedeckt, ◕ 3/4 bedeckt, ● bedeckt, • Regen, ✳ Schnee, ▲ Hagel, △ Graupeln, ∞ Dunst, = Nebel, ⌓ Thau, ⌐ Gewitter.

auch der gewöhnliche Vorgang bei Entwicklung starker Sommerhitze: zunächst erfolgt eine starke Erwärmung durch den Lufttransport, und diese wird noch erhöht durch die Ansammlung von Wärme durch die wegen der grofsen Tageslängen und der kurzen Nächte überwiegende Einstrahlung der Sonnenwärme, welche mit wachsender Breite unter denselben Umständen zunimmt.

Digitized by Google

Die andauernd kühle Witterung in Rufsland hatte darin ihren Grund, dafs dieses Gebiet beständig auf der Ostseite des europäischen Hochdruckgebietes lag, erst in den letzten Tagen des in Betracht fallenden Zeitabschnittes fand daselbst eine Steigerung der Temperatur statt, welche indessen die Durchschnittswerthe nicht erreichte.

Bemerkenswerth sind die Gewitter, welche vom 18. bis zum 23. August in Deutschland niedergingen, und welche eine vorübergehende Abkühlung brachten. Sie traten auf in Begleitung von flachen

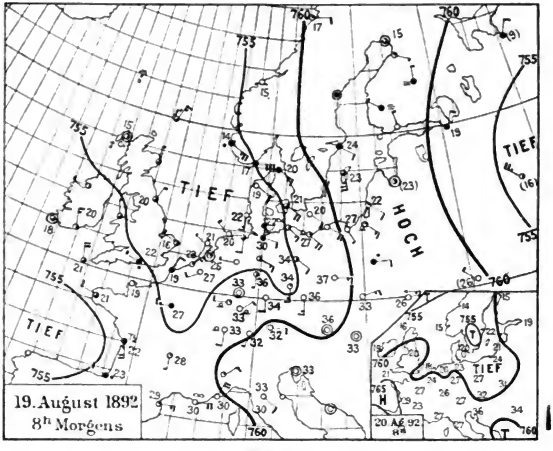


Fig. 3.

Depressionen, welche für die Entwicklung der Gewitterbildung besonders günstig sind, insbesondere dann, wenn kalte, nördliche Winde in das Gebiet starker Erwärmung einfallen. Die Wetterlagen am 19. und 20. August bieten manches Interessante, und daher haben wir dieselben durch Fig. 3 zur Darstellung gebracht.

Eine flache, umfangreiche Depression liegt am 19. Morgens über dem Nordseegebiet, nördliche bis westliche Luftströmung über den britischen Inseln und West-Frankreich erzeugend, welches Windsystem mit der Depression langsam ostwärts fortwandelt. Daher am 19. Abkühlung vorm Kanal, die sich bis zum folgenden Tage nach Frankreich, dem Nordseegebiete und Süddeutschland, am 21. nach Central-

Digitized by Google

deutschland, und am 22. nach dem südöstlichen Ostseegebiet ausbreitet, während jetzt wieder eine neue Wärmewelle ostwärts fortschreitend über Deutschland hinweggeht. Am 18. traten stellenweise Gewitter auf im nordwestlichen Deutschland, am 19. im westlichen Deutschland, am 20. in ganz Centraleuropa und am 22. und 23. in Westdeutschland.

Der Eintritt kühleren Wetters, womit die Hitzeepoche des August 1892 beendet wurde, ist durch die Wetterkarten vom 25. und 26. August veranschaulicht worden (Fig. 4).

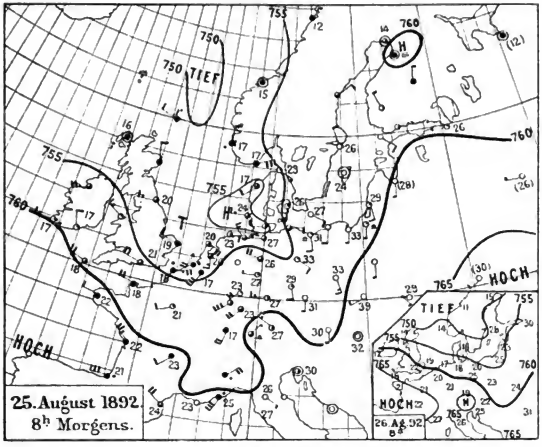


Fig. 4.

Am 25. Morgens liegt ein barometrisches Minimum von mäfsiger Tiefe zwischen den Shetlands und der norwegischen Küste, einen Ausläufer nach der südlichen Nordsee hin entsendend. Auf den britischen Inseln wehen schwache westliche und nordwestliche Winde, die über Westdeutschland in eine westliche und südwestliche Luftströmung übergehen. Daher ist in Ostfrankreich, sowie in Belgien und Holland Abkühlung eingetreten. Bis zum folgenden Tage hat sich das Depressionsgebiet ostwärts nach der östlichen Ostsee fortgepflanzt (siehe Nebenkarte in Fig. 4) und die westliche Luftströmung ist in Begleitung von trüber Witterung mit Regenfällen nach der ostdeutschen Grenze fortgerückt, während auch die Abkühlung über das westliche und mittlere Deutsch-

Digitized by Google

land fortgeschritten ist. An den folgenden Tagen ging die Temperatur auch in den östlichen deutschen Gebietstheilen, dann auch in Westrufsland erheblich herab, und hiermit war die Epoche der grofsen Hitze beendet.

Eine so anhaltende und drückende Hitze, wie sie im August dieses Jahres vorkam, gehört jedenfalls zu den extremsten Fällen, indessen stehen solch' hohe Temperaturen in diesem Jahrhundert nicht vereinzelt da. Ich stelle vergleichend alle Temperaturmaxima von 33° C. und darüber nebeneinander und zwar für Hamburg seit 1832, und für Breslau seit 1793.

1. Hamburg: 1832 Juli 35.0°, 1834 Juli und August 36.2°, 1838 Juli 33.8°, 1845 Juli 35.6°, 1858 Juni 33.8°, 1863 Juni 33.0°, 1865 Mai 33.9°, 1868 August 34.2°, 1869 Juli 34.5° (1892 August 31°).

2. Breslau: 1793 Juli 33.8°, 1807 August 33.1°, 1819 Juli 35.0°, 1834 Juli 33.2°, 1838 Juli 34.5°, 1841 Juli 37.2°, 1842 Juli 37.8°, 1843 Juli 33.1°, 1845 Juli 35.5°, 1848 Juni 33.9°, 1855 August 33.2°, 1859 Juli 33.2°, 1861 August 33.1°, 1862 Juli 33.6°, 1865 Juli 35.1°, 1867 August 34.0°, 1868 Juli 33.5°, 1869 August 35.6°, 1873 August 34.4°, 1877 Juni 35.0°, 1880 Juli 33.0°, 1881 Juli 35.8°, 1887 Juli 33.6°, 1890 August 33.5°, 1892 August 37.0°.

Man sieht, dafs solch' hohe Temperaturen, wie sie im August 1892 vorkamen, nicht vereinzelt dastehen, aber viel seltener mag es vorgekommen sein, dafs so hohe Wärmegrade so lange andauerten und von einer so aufserordentlichen physiologischen Wirkung waren. Uebrigens sei bemerkt, dafs die in den Zeitungen gelegentlich gegebenen Zahlen der Maximaltemperaturen mit grofser Vorsicht zu nehmen sind, da die Aufstellung der Thermometer, die auf die Angaben derselben von grofsem Einflufs ist, meistens nicht bekannt ist.

Zahllose Zeitungsnachrichten berichten über die beispiellos hohen Hitzegrade und deren Folgeerscheinungen, über Hitzschläge, Feuersbrünste, Wassersnoth und dgl., nur einige mögen hier zur Charakterisirung dieses merkwürdigen Phänomens eine Stelle finden:

Berlin, 20. August. Am 19. hat die Hitze die tropische Gluth des Vortages noch übertroffen. Seit ihrem Bestehen sind die Apparate der Uraniasäulen wohl noch nie so oft und so sehnsüchtig zu Rathe gezogen worden, wie in den letzten Tagen. Zu allen Stunden des Tages sind die zierlichen Wettertempelchen von einer Auskunft heischenden Menge umlagert, die sich vergewissern möchte, wie heifs es sei und ob sich bald ein Abfall der wahrhaft tropischen Gluth bemerklich machen werde.

Digitized by Google

Schon um 9 Uhr hatte, wie die Uraniasäule am Halleschen Thor angiebt, am 19. Morgens die Hitze mit 25° die Temperatur zu gleicher Zeit am Mittwoch um einen Grad übertroffen, um 12 Uhr zeigte der Apparat schon 34°, d. h. 2° mehr als am Mittwoch um 12 Uhr, um 1 Uhr war der Stift schon über die nur bis 35° reichende Scala hinaus und stand etwa auf 37°, stieg dann bis 2 Uhr etwa in die Gegend von 40°. Hier aber ist das Papier zu Ende, und über die Maximaltemperatur, die gegen 3 Uhr einzutreten pflegt, konnte die Säule am Freitag keine Auskunft mehr geben. Auf solche Hitze sind wir eben in unserem Klima nicht eingerichtet.

Eine merkmürdige Naturbeobachtung ist infolge des heifsen August an den Bäumen zu machen: Laubfall im Monat August. Die Ahorne, Ailanthus, Akazien, Kastanienbäume etc. stehen mit fahlem, verdorrtem Laub da: der Boden ist ganz bedeckt mit den staubtrockenen, unter jedem Schritt raschelnden Blättern. Die Austrocknung derselben ist so hochgradig, dafs sie bei jeder Berührung in Stücke zerfallen. Geht's so fort, so werden unsere Schattenspender bald laublos wie sonst im Spätherbst erscheinen.

In Thüringen ist die Hitze fast unerträglich geworden, das Thermometer zeigt jetzt öfter 36° C. im Schatten. In Jena, Apolda, Pöfsneck, Gera und anderwärts hat die Gluth Opfer gefordert, meist Arbeiter, die bei Bauten oder auf dem Felde beschäftigt waren. An vielen Stellen herrscht ein bedenklicher Wassermangel. Infolge der Hitze haben Brände, die während der letzten Tage stattfanden, eine grofse Ausdehnung angenommen, in Apolda brannten 4 Häuser nieder.

Aus Sachsen, den 22. August. Die Verunglückungen durch Hitzschlag mehren sich. In zahlreichen sächsischen Orten wird die Wassersnoth immer empfindlicher, da Brunnen und Bäche vertrocknet sind. Der heutige amtliche „Dresdener Anzeiger" meldet: „Aus fast allen Orten Sachsens werden uns infolge der übergrofsen Hitze entstandene Krankheitsfälle, namentlich Hitzschlag gemeldet; die meisten derselben haben einen tödtlichen Ausgang genommen." So schlimm, wie die Sache hier dargestellt wird, ist dieselbe keineswegs; immerhin sind die Verunglückungen zahlreich genug.

Infolge des heifsen Wetters haben verschiedene grofse Brände im Erzgebirge stattgefunden. Der Wassermangel macht sich aufs empfindlichste fühlbar.

Stuttgart. (Schw. Merk.) Ueber den Einflufs der Hitze auf den Weinstock hört man leider nur schlimme Nachrichten. Die Trauben fangen an zu braten und einzuschrumpfen, weil es an Saft, an Regen

Digitized by Google

fehlt. Wenn man die Winzer fragt, so kann man Antworten erhalten, wie: „Ich konnte auf so und so viel Eimer Wein rechnen; nach den Verheerungen seit Mittwoch kann ich mich glücklich schätzen, wenn ich die Hälfte bekomme. Seit dem Jahre 1877 (25. und 26. September) ist ein ähnliches Unglück nicht mehr über unsere Weinberge gekommen.“ Damals stand alles herrlich in den Weinbergen, zwei Nachtfröste zerstörten plötzlich alle Hoffnungen. Diesmal ist es der heifse, trockene Föhn, der zu Befürchtungen Anlafs giebt.

Aus der Schweiz, den 19. August. Die gegenwärtige Hitze treibt alles, was nur kann, in die Hochgebirge. Nach einer Zusammenstellung des schweizerischen Verkehrsbureaus beträgt die Zahl der gegenwärtig in der Schweiz weilenden Touristen und Kurgäste 68 000. Da immer neuer Zuzug eintrifft, ist diese Zahl wohl schon überschritten. Aus Bern wird berichtet, dafs infolge der übermäfsigen Hitze sich ein starkes Schmelzen der Gletscher bemerkbar macht und die Ströme zu steigen beginnen.

Pest, den 24. August. Auf dem Marsche nach Martonvasar stürzten infolge der Hitze beim 32. Infanterie-Regiment 180 Mann. Beim 24. Infanterie-Regiment fielen beim Marsche von Kaschau nach Makroncz 250 Mann zusammen.

Triest, den 22. August. Aus dem Venetianischen liegen neue Nachrichten über Unglücksfälle bei den Truppen infolge der Hitze vor. Ein Theil des 36. Regiments wurde bei Padua arg mitgenommen; von 400 Mann kamen, wie der „Corriere della Sera“ meldet, kaum 150 Mann an. Die anderen waren auf dem Wege liegen geblieben und mufsten mit Wagen abgeholt werden. Bei Nogara fielen 70 Soldaten des 51. Regiments um, 30 erlitten Hitzschläge, darunter mehrere Offiziere, ein Hauptmann und ein Arzt. Die italienische Presse tadelt in der heftigsten Weise die Vornahme angestrengter Märsche bei so arger Hitze.

Digitized by Google

Die Astronomie des Unsichtbaren.

Von Dr. **J. Scheiner**,
Astronom am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam.

(Fortsetzung.)

Die Entdeckung der dunklen Begleiter von Sirius und Procyon.

Es ist dem Verfasser wohl bewufst, dafs die Kürze der Darstellung der Neptunentdeckung gerade in Bezug auf die Rolle, welche die Gravitation hierbei spielt, schwerlich dem Leser ein befriedigendes Eindringen in diesen theoretischen Theil der Astronomie des Unsichtbaren gewährt haben wird. Für diese eigentlich unerlaubte Kürze sind aber mehrere Gründe mafsgebend gewesen, und zwar in erster Linie die Unmöglichkeit, ohne Anwendung mathematischer Formeln oder wenigstens komplizirter geometrischer Darstellungen diesen Einblick zu verschaffen, einen Einblick, der bei dem vorliegenden Problem der Entdeckung dunkler Fixsternbegleiter sehr viel leichter zu erlangen ist. Es ist aufserordentlich viel einfacher, die anziehenden Wirkungen zweier isolirten Körper zu betrachten als diejenigen zweier Körper, deren Bahnen im wesentlichen durch einen weit überwiegenden Zentralkörper bestimmt werden. Wenn daher der Zweck des Verfassers erreicht ist, sofern der Leser nur einen Begriff von den enormen theoretischen Schwierigkeiten der Lösung des Neptunsproblems gewonnen hat, so ist dies im vorliegenden Kapitel nur der Fall, wenn auch der nicht mathematisch geschulte Leser ein völliges Verständnifs der Thatsachen erlangt. Verfasser glaubt, dies auf keinem besseren Wege erreichen zu können, als wenn er nur mit unbedeutenden Aenderungen dem Gedankengange des leider allzufrüh verstorbenen Astronomen Schönfeld, des früheren Direktors der Bonner Sternwarte, folgt, den derselbe im Jahre 1869, einem wohl kaum in weitere Kreise gedrungenen Vortrage über die dunklen Fixsternbegleiter untergelegt hat.

Newtons grofse Entdeckung der Gravitation, nach welcher alle

Digitized by Google

Körper eines Systems sich untereinander nach demselben Gesetze anziehen, konnte zunächst nur für das Sonnensystem als bewiesen betrachtet werden. Heute wissen wir, dafs auch der entfernteste Fixstern noch auf die Bahnen unserer Planeten modifizirend einwirkt, wenn auch der Betrag der Fixsternstörung so gering ist, dafs er niemals direkt wird erkannt werden können. Jedoch zu Newtons Zeit waren die Fixsterne seiner Theorie noch nicht zugänglich; denn die Beobachtungen hatten bei ihnen noch keine Bewegungen zu erkennen gegeben, und es waren somit weder die Wirkungen eines ursprünglichen Stofses, noch gegenseitiger Anziehung nachweisbar. Erst Halley hat die Bemerkung gemacht, dafs einige helle Sterne aufser denjenigen Ortsveränderungen, welche nur scheinbar sind und von den Veränderungen der Ebenen, auf welche wir die Ortsbestimmungen beziehen, herrühren, auch wirkliche erlitten haben; aber alles, was man bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts über diese sogenannten Eigenbewegungen der Fixsterne wufste, war selbst gegenüber unseren jetzigen, noch immer lückenhaften Kenntnissen äufserst fragmentarisch. Erst durch Bessels Bearbeitung der Bradleyschen Beobachtungen wurde Licht in dieses Dunkel gebracht. Bessel zeigte, dafs von den mehr als 3000 um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in Greenwich beobachteten Sternen eine grofse Zahl, mehr als 14 Prozent, Abweichungen von den neueren Bestimmungen, besonders von Piazzi zeigte, die gröfser waren als die etwaige Unsicherheit der beiderseitigen Sternverzeichnisse. Die Neuzeit hat diesen Sternen noch viele andere beigefügt, so dafs man jetzt die eigene Bewegung als eine allgemeine Eigenschaft der Fixsterne, unsere eigene Sonne mit eingeschlossen, betrachtet, wenn auch diese Bewegungen für die meisten so klein sind, dafs sie noch nicht haben bestimmt werden können. Dadurch erst wurde die Stellarastronomie zu einem abgesonderten Zweige der Wissenschaft. Wenn früher die Anstellung der Sternbeobachtungen nur den Zweck hatte, fixe Punkte am Himmel zu erhalten, auf welche der Ort der beweglichen bezogen werden konnte, so liegt ihr jetzt noch aufserdem die Absicht zu Grunde, das Material für eine dereinstige Theorie der Bewegungen im Fixsternsysteme in demselben Sinne zu liefern, wie wir eine solche vom Sonnensystem besitzen.

Allein von welcher Art sind diese Bewegungen? Gilt auch für sie das Newtonsche Gravitationsgesetz? Verrathen sie eine ähnliche Beziehung zu einem Zentralkörper, wie die Bewegungen der Planeten und Kometen? Alle diese Fragen sind vollständig nur durch viel weiter ausgedehnte Beobachtungen zu lösen, als wir bis jetzt besitzen.

Digitized by Google

Denn die Bewegungen der Fixsterne erscheinen uns unvergleichlich viel langsamer als die der Körper unseres Sonnensystems, schon deshalb, weil die Fixsterne sehr viel weiter von uns entfernt sind, als letztere. Indessen hat doch die Entdeckung der Bewegungen der Doppelsterne durch W. Herschel uns schon dahin geführt, die wichtigste dieser Fragen, die zweite, für einige Sterne mit Zuversicht bejahen zu können. Die Doppelsterne sind Sternpaare, deren Komponenten in einer relativ zur Mehrzahl der Sterne sehr kleinen Winkeldistanz nahe bei einander stehen, und es ist bekannt, dafs diese Nähe in den bei weitem meisten Fällen keine blofs scheinbare optische, sondern eine reelle physische ist. Solche Paare befinden sich also ganz in dem Verhältnifs wie Erde und Mond, und wenn sie einen ursprünglichen Stofs erlitten haben und einer gegenseitigen Anziehung unterworfen sind, so müssen sie eine Drehung um einander und ein Fortschreiten des gemeinsamen Schwerpunktes zeigen. Diese Drehung findet nun in der That bei vielen derselben statt, und noch mehrere zeigen das gemeinsame Fortschreiten. Es bildet letzteres ihre Eigenbewegung oder vermischt sich wenigstens mit dieser, wenn ihr noch andere Ursachen (wie die scheinbare Bewegung, die nur das Spiegelbild der Bewegung unserer Sonne ist) zu Grunde liegen. Die Beobachtungen haben auch schon enthüllt, dafs die Drehung ganz nach denselben Gesetzen vor sich geht, wie die Bewegung eines Planeten um die Sonne oder die des Mondes um die Erde; kurz, das Newtonsche Gesetz gilt auch für die relativen Doppelsternbewegungen, und für eine grofse Anzahl derselben hat man bereits recht sichere Elemente der Bahnen berechnen können, durch welche man die Oerter der Komponenten in ähnlicher Weise für jede Zeit anzugeben in der Lage ist wie bei unseren Planeten. Es ist klar, dafs die Genauigkeit, mit welcher diese Elemente bestimmt werden können, mit der Kürze der Umlaufszeit wächst; wenigstens bezieht sich diese Bemerkung auf das wichtigste Element, auf die Umlaufszeit selbst. Wir kennen heute einige Doppelsterne, die seit ihrer Entdeckung schon mehrere Umläufe vollendet haben, z. B. δ Equulei mit $11\frac{1}{2}$ Jahren, β Delphini mit 17 Jahren Umlaufszeit. An diese schliefsen sich andere mit längerer, aber immerhin noch gut bestimmbarer Revolutionsdauer, z. B. 42 Comae mit 26 Jahren, η Coronae mit 42 Jahren, ξ Ursae Maj. mit 61 Jahren. Mit gröfser werdenden Umlaufszeiten — mehr als 200 bis 300 Jahren — gehen die Doppelsterne dann in diejenigen über, von deren Bahnbewegung nichts Sicheres mehr bekannt ist; für die Tausende von Sternpaaren, deren Perioden diese engen Grenzen überschreiten, hat

Digitized by Google

also der volle Beweis der Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes noch nicht geführt werden können. Gleichwohl ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dafs dies Gesetz auch in der Fixsternwelt allgemein gilt. Die der Materie durch dasselbe zugeschriebene Eigenschaft scheint von ihrem Wesen unzertrennlich. Nirgends im Weltraume zeigen sich Erscheinungen, die diesem Gesetze geradezu widersprechen, wohl aber sind viele der unerklärlichsten Phänomene durch dasselbe erklärbar geworden. Findet aber dasselbe Gesetz allgemein im Fixsternsystem statt, so müssen mit der Zeit auch seine Folgen an den Fixsternbewegungen zu Tage treten; es müssen sich Attraktionsbeziehungen zwischen den einzelnen Sternen zeigen, die bis jetzt noch nicht, oder nur sehr unvollständig zu Tage getreten sind.

Wenn wir nun die scheinbare Bewegung eines einzelnen Fixsterns, der kein Glied eines Doppelsternsystems ist, aus den Beobachtungen ableiten, so stellt sich dieselbe, soweit sie nicht durch die Eigenschaften des Lichts (Strahlenbrechung und Aberration), durch die Bewegung der Erde um die Sonne (Parallaxe und ein Theil der Präzession und Nutation) erzeugt wird, als eine in einem gröfsten Kreise gleichmäfsig fortschreitende heraus, oder mit andern Worten, der Stern scheint sich im Raume geradlinig und mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortzubewegen. Eine solche Art von Bewegung ist indessen, wenn sie allgemein stattfindet, mit der Gültigkeit des Gravitationsgesetzes nicht vereinbar, denn die Anziehungen zeigen sich ja gerade darin, dafs Bewegungsänderungen vor sich gehen, dafs die anziehende Masse den Stern von seiner geradlinigen Bahn ablenkt und dieser eine gegen die Richtung der Anziehung konkave Krümmung ertheilt. Allein dieser Widerspruch ist nur in der Unvollkommenheit unserer Beobachtungen relativ zu der Kleinheit der Bewegungen begründet, und unter gleichen Umständen würden wir im Sonnensystem in der gleichen Unsicherheit bleiben. Die schärfste Beobachtung ist nicht im stande, aus den Beobachtungen eines Planeten, z. B. des in 88 Tagen um die Sonne laufenden Merkur, eine Ungleichmäfsigkeit der Bewegung und ihre Abweichung vom gröfsten Kreise nachzuweisen, wenn diese Beobachtungen nur etwa zwei Stunden fortgesetzt sind. Gleichwohl wissen wir, dafs die Bewegung des Merkur nichts weniger als geradlinig gleichförmig ist, ja dafs diese zwei Stunden schon fast den tausendsten Theil seiner Umlaufszeit betragen. Einen so grofsen Theil der Umlaufszeit im Fixsternsystem umfassen aber die Beobachtungen noch bei keinem einzigen Fixstern; selbst bei dem Stern 61 im Schwan beträgt der genauer beobachtete Bogen noch nicht

Digitized by Google

12 Minuten, und wenn diese Bewegung der mittleren gleich ist, so bildet sie den 2000. Theil des Ganzen. Zudem sind Bradleys nunmehr über 100 Jahre alte Beobachtungen von dem Grade der Genauigkeit, der oben bei Merkur vorausgesetzt wurde, noch weit entfernt. Dafs wir also noch keine Krümmungen der grofsen Fixsternbahnen erkannt haben, widerspricht der Annahme gegenseitiger Anziehungen nicht; die Beobachtungen müssen voraussichtlich noch mehrere Jahrhunderte lang fortgesetzt werden, ehe dies erreicht wird.

Anders jedoch verhält es sich mit den Doppelsternen oder zusammengesetzteren Sterngruppen. Da die Komponenten derselben neben dem etwaigen geradlinigen Fortschreiten noch eine Drehung um einander erleiden, deren Gröfse im Verhältnifs zur gemeinsamen Bewegung nicht unbedeutend ist, so wird auch der Weg, den jede derselben an der Himmelskugel einzeln zurücklegt, kein gröfster Kreis sein können, sondern beide müssen von diesem in entgegengesetzter Richtung abweichen. Das Beispiel der gemeinsamen Bewegung von Erde und Mond um die Sonne wird dies einfach darthun. Ein Beobachter im Mittelpunkt der Sonne sieht den Schwerpunkt zwischen Erde und Mond in einem gröfsten Kreise fortschreiten, aber um diesen Punkt herum drehen sich gleichzeitig in $27^1/_2$ Tagen Mond und Erde so, dafs jeder der beiden Körper ein Bild des uns sichtbaren Mondlaufs beschreibt. Bald steht die Erde über, bald unter der imaginären Linie, die den Weg des Schwerpunktes vorstellt, bald bleibt sie hinter diesem Punkte zurück, bald eilt sie ihm voraus; immer aber wird der Mond sich auf der entgegengesetzten Seite befinden und, seiner kleineren Masse entsprechend, 80 mal weiter vom Schwerpunkt entfernt sein; sonst sind sich beide Bewegungen vollkommen ähnlich. Mit Ausnahme des Umstandes, dafs dem Beobachter in der Sonne die ungleichmäfsige Bewegung des Schwerpunktes zwischen Erde und Mond bald auffällig werden müfste, läfst sich alles direkt auf die Doppelsterne anwenden. Genaue Beobachtungen, welche die absoluten Oerter der beiden Komponenten an der Himmelskugel während eines länger fortgesetzten Zeitraums ergeben, müssen die Drehung beider um einander verrathen, freilich lange nicht mit der Sicherheit, wie die unmittelbare Vergleichung beider Komponenten. Denn erstens sind die mikrometrischen Beobachtungen bei der letzteren an sich genauer, als die absoluten Ortsbestimmungen, und dann wird bei diesen die Drehung erst aus der Differenz zweier beobachteter Gröfsen geschlossen, während jene nur die Beobachtung einer einzigen Gröfse (des sog. Richtungswinkels) verlangt. Wenn aber, wie z. B. bei den

Digitized by Google

Sternen α im Centauren, 61 im Schwan, p im Schlangenträger, die Bahnbewegung unter einem hinreichend grofsen Winkel erscheint, so ist gewifs, dafs unsere heutige Beobachtungskunst schon ausgebildet genug ist, um auch ohne Anwendung von Mikrometern die Drehung beider Komponenten um einander zu erkennen und den Punkt, der nur am gleichmäfsigen Fortschreiten im Raume, nicht an der Drehung theilnimmt, den Schwerpunkt, erträglich scharf zu bestimmen.

Da nun aber die Bewegungen beider Komponenten um den Schwerpunkt ähnliche Figuren bilden, und da beide Körper gegen diesen Punkt eine ganz bestimmte, nämlich immer die entgegengesetzte Stellung einnehmen, so folgt daraus, dafs die Beobachtung eines von beiden genügen würde, um aufser der Bahn, welche er selbst beschreibt, auch noch die Richtung zu bestimmen, in der der andere stehen mufs. Denn sobald die Bahnbestimmung der einen Komponente die Lage des Schwerpunktes angegeben hat, braucht man nur durch diesen und den Stern eine gerade Linie gelegt zu denken, und es mufs dieselbe über den Schwerpunkt hinaus verlängert, auch durch den zweiten Stern gehen. Nur der Abstand des zweiten Sterns vom Schwerpunkt bleibt unbestimmt; dieser hängt ab von dem Verhältnifs der Massen beider Sterne, welches durch die Beobachtung des einen nicht bestimmt werden kann, vielmehr erst durch die Vergleichung der beobachteten Abstände beider Sterne vom Schwerpunkte gefunden wird.

Man kann also auf diese Weise aus den Ortsbestimmungen eines Sternes a, ohne seinen Begleiter b auch nur anzusehen, die Aufgabe lösen: die Bahn, welche a um den gemeinsamen Schwerpunkt von a und b nach dem Gravitationsgesetze beschreibt, sowie seinen jedesmaligen Ort in der Bahn zu bestimmen, und die Richtung, in der vom Stern a aus b erscheinen mufs, anzugeben.

Hiermit ist aber zugleich zugegeben, dafs es auf die Sichtbarkeit von b überhaupt gar nicht ankommt. Mag seine Oberflächen-Beschaffenheit von der Art sein, dafs er unseren Augen nie sichtbar wird, mag er mit der Helligkeit des Sirius glänzen: Die Massenanziehung, die er auf andere Körper ausübt, wird dadurch nicht im geringsten geändert. Die Helligkeit der Sterne ist überhaupt nicht proportional ihren Massen; wenn letztere auch einer der vielen Faktoren sein sollte, welche die Helligkeit bestimmen, so sind doch die anderen, wie die chemische Beschaffenheit, der Aggregatzustand, die Temperatur der leuchtenden Oberfläche, sodann das verschiedene Volumen und die verschiedene Entfernung des leuchtenden Körpers, von so bedeuten-

Digitized by Google

dem Einflufs, dafs ein Schlufs von der Helligkeit auf die Masse durchaus nicht geführt werden kann. Haben wir ja doch Sterne, deren Glanz stark veränderlich ist, sei es, dafs nahezu gleiche Helligkeiten in gleichen Intervallen wiederkehren, sei es, dafs sie überhaupt nur für kurze Zeit aufstrahlen, wie die sogenannten neuen Sterne. Gleichwohl können wir nicht zweifeln, dafs diese Sterne auch zur Zeit ihrer Unsichtbarkeit ebensolche Masse besitzen wie vorher. Zur Unsichtbarkeit genügt, im Sinne der Undulationstheorie gesprochen, die Unfähigkeit der Oberfläche des Sterns, den Lichtäther in Schwingungen von bestimmter Wellenlänge zu versetzen; einen Zusammenhang dieser Fähigkeit mit der Masse des Sterns kennen wir nicht.

Hieraus geht also hervor, dafs jeder Stern, der einen hinreichend massenhaften, unsichtbaren Begleiter hat, fortgesetzten Beobachtungen eine eigene Bewegung verrathen mufs, die aus zwei Theilen zusammengesetzt ist; einem gleichmäfsig fortschreitenden, nämlich der Bewegung des gemeinsamen Schwerpunktes im Weltraume, und einem periodischen, der, für sich aufgezeichnet, die Projektion der Kepplerschen Ellipse darstellt, welche der Stern infolge der Anziehung des Begleiters um den Schwerpunkt beider beschreibt. Die Bewegung des Sterns mufs sich also als eine veränderliche herausstellen, und in der That ist aus solchen veränderlichen Eigenbewegungen die Existenz der dunkeln Begleiter erschlossen worden.

Indessen ist die Umkehrung der eben bewiesenen These zu dem Satze:

„Wenn ein Fixstern eine in kürzeren Intervallen veränderliche Eigenbewegung zeigt, so mufs er Glied eines Doppelsternsystems sein, auch wenn wir die andere Komponente nicht sehen"

logisch nur dann gestattet, wenn man gleichzeitig nachweist, dafs andere Ursachen einer solchen Veränderlichkeit nicht wohl denkbar sind. Die Gültigkeit des Gravitationsgesetzes im Fixsterngebiete zugegeben, ist es nun allerdings nicht möglich, dafs die Bewegungen der Fixsterne in aller Strenge gleichförmig sind, vielmehr bedingt sowohl ein etwaiger Zentralkörper als auch das Zusammenwirken aller Millionen Sterne ähnliche Veränderungen im Sternlaufe, wie sie bei den Planeten stattfinden. Aber wenn dies Prinzip die Veränderungen erklären sollte, so müfste die Veränderlichkeit der Eigenbewegung eine allgemeine Eigenschaft der Fixsterne sein, die sich nur zufällig bei einzelnen der Beobachtung entziehen könnte. Dies ist nun allerdings, namentlich von dem englischen Astronomen Taylor, seiner Zeit behauptet worden; allein die zuverlässigsten Ortsbestimmungen, welche

Digitized by Google

wir besitzen, widersprechen einer solchen Annahme und zeigen, dafs allen hierher gehörigen Schlüssen von Pond, Bianchi, Taylor etc. nur ein allzugrofses Vertrauen auf die Richtigkeit der absoluten Ortsbestimmungen zu Grunde liegt. Die genauesten Untersuchungen zeigen vielmehr, dafs bei einfach gesehenen Sternen die Abweichung der Eigenbewegung von der Gleichförmigkeit nur eine seltene, sporadische Ausnahme ist. Und nicht nur die neueren Beobachtungen widersprechen einer solchen allgemeinen Veränderlichkeit, sondern auch die ganz alten von Hipparch. Diese sind freilich wenig genau, aber dafür hat sich der Betrag der jährlichen Veränderung der Eigenbewegung seit jener Zeit durch eine lange Reihe von Jahren angehäuft. Für Sirius z. B. hat Bessel nachgewiesen, dafs, wenn die Rektascensionen von 1755, 1825 und 1843 durch eine solche säkulare Aenderung der Eigenbewegung in Einklang gebracht werden sollten, der Ort des Sirius vor 2000 Jahren um $3\frac{1}{2}^0$ von demjenigen verschieden herauskommt, welchen das Hipparchische Sternverzeichnifs ihm anweist, und dies überschreitet denn doch bei aller Unsicherheit des letzteren bedeutend die Grenze des Zulässigen.

So bleibt also zur Erklärung der Bewegungsänderungen nur eine von zwei Annahmen übrig. Entweder ist der Stern selbst periodischen Schwankungen um einen ihm nahe liegenden Punkt unterworfen, oder der Standpunkt ist es, von dem aus wir ihn beobachten; d. h. entweder ist der Stern Glied eines Doppelsternsystems, oder unsere Sonne ist es. Allein auch die letztere Annahme ist offenbar auszuschliefsen. Denn nicht nur müfste dann wieder eine solche periodische Veränderlichkeit eine weit allgemeinere Eigenschaft der Sternbewegungen sein, sondern sie müfste sich auch bei allen in gleicher Periode zeigen und gleich der Umlaufszeit der Sonne sein. Die Figur der Bahnen müfste ferner eine Abhängigkeit vom Ort der Sterne am Himmelsgewölbe zeigen, weil alle Bahnen eigentlich nur das Spiegelbild einer und derselben, nur verschieden projicirt, wären. Nehmen wir noch dazu, dafs, wenn sich eine beträchtliche unbekannte Masse in der Nähe des Sonnensystems befände, unmöglich eine solche Uebereinstimmung der beobachteten Planeten- und Kometenörter mit den vorausberechneten stattfinden könnte, wie es in Wirklichkeit der Fall ist, so werden wir nicht bezweifeln können, dafs in der That jeder Veränderlichkeit der Eigenbewegung eines scheinbar einfachen Fixsterns, welche ihren Cyklus in kurzen Zeiträumen durchläuft, eine Anziehung zu Grunde liegen mufs, die von der unmittelbaren Nähe des Fixsterns selbst ausgeht, d. h. dafs sie nur durch einen unsichtbaren,

Digitized by Google

aber darum nicht weniger massenhaften Begleiter hervorgebracht sein kann.

Das Studium der Eigenbewegungen der Fixsterne ist es also, welches uns die Anwesenheit unsichtbarer Massen in den Fixsternräumen verrathen kann. Ob es uns solche verrathen wird, hängt nun von der Genauigkeit, Zahl und Ausdehnung der Ortsbestimmungen ab. Die Fixsternörter sind aber zu allen Zeiten ein Gegenstand der angestrengtesten Aufmerksamkeit der Astronomen gewesen. So lange die Fixsterne wirklich als fest galten, waren sie den Astronomen die unverrückten Marksteine, an welche die Bewegungen der Planeten angeknüpft und durch welche die scheinbaren Aenderungen in der Lage des Himmelsgewölbes unmittelbar erkannt wurden. Als man die eigenen Bewegungen fand, gestaltete sich die Aufgabe schon anders; denn nun galt es, auch Richtung und Betrag dieser Bewegung kennen zu lernen, um den Ort des Fixsterns jederzeit angeben zu können. Dazu genügen, so lange die Bewegung geradlinig und gleichförmig ist, zwei Epochen; ist sie aber veränderlich, so wird man, je nachdem man verschiedene Epochenpaare vergleicht, eine andere Gröfse und Richtung der Eigenbewegung finden, nnd man wird den Ort des Sternes nicht eher zum voraus angeben können, als bis das Gesetz der Veränderlichkeit erkannt ist. So lange dies nicht geschehen ist, bleiben die vorhandenen Beobachtungen des Sternes für die meisten Zwecke unbrauchbar, und man erkennt daraus die Wichtigkeit des Gegenstandes für die praktische Astronomie.

Im Jahre 1840 brachte Bessel seine Beobachtungen der Fundamentalsterne zum Abschlusse. Er hatte dadurch für eine Reihe der hellsten Fixsterne äufserst genaue Positionen erlangt, und konnte nun hoffen, durch Vergleichung derselben mit den 85 Jahre früher von Bradley ermittelten Positionen derselben Sterne auch die gleichförmigen Aenderungen derselben mit grofser Genauigkeit festlegen zu können. Dies gelang ihm auch mit Ausnahme der beiden hellen Sterne Sirius und Procyon, deren Oerter so sehr von der Hypothese einer gleichförmigen Bewegung abwichen, dafs Bessel es für unmöglich hielt, die Abweichungen durch Beobachtungsfehler erklären zu können. Er sammelte also für diese beiden Sterne die entsprechenden Bestimmungen der vorzüglichsten Beobachter und gelangte dadurch zu einer Bestätigung seiner Ansichten, für Procyon nur zur Konstatirung der Thatsache; für Sirius aber zeigten die Beobachtungen schon die Periodizität der Veränderungen an, so dafs die Umlaufszeit sich nahe zu einem halben Jahrhundert und die gröfsten Veränderungen

Digitized by Google

innerhalb dieses Cyklus zu etwa 5″ im gröfsten Kreise herausstellten. Dafs diese Resultate nicht alsbald allgemein anerkannt wurden, ist nicht zu verwundern. In der That gehören diese Untersuchungen praktisch zu den schwierigsten, und die Sicherheit ihrer Grundlage wurde mehrfach bezweifelt. Die absoluten Ortsbestimmungen der Gestirne durch unsere Meridiankreise sind Fehlern unterworfen, deren Gesetze nur unvollständig bekannt sind. Die gröfste Sorgfalt in der Behandlung der Instrumente und die skrupulöseste Untersuchung aller denkbaren Fehlerquellen hat bis jetzt nicht verhindern können, dafs zwischen den Beobachtungen verschiedener Sternwarten Unterschiede vorkommen, welche die Unsicherheit im einzelnen übersteigen. Mögen nun diese Unterschiede in den Eigenschaften der Stoffe liegen, die unsere Instrumente zusammensetzen, mögen sie lokal sein oder auch wohl physiologischer Natur oder alles dies zusammen, sie sind eben da. Deshalb legte Bessel seinen Untersuchungen nicht die absoluten Oerter der Sterne zu Grunde, sondern die Differenzen gegen benachbarte Sterne. Ein solches Verwandeln der absoluten Ortsbestimmungen in Differenzbeobachtungen ist überall da zulässig und nöthig, wo die gefährlichsten Fehlerquellen in der Beziehung der Beobachtungen auf den absoluten Nullpunkt liegen. Z. B. sind fast alle Königsberger Deklinationen, die dem Fundamental-Katalog von 1820 zu Grunde liegen, südlicher, als die nahe gleichzeitigen Bestimmungen von Argelander und Struve; ein Zeichen, dafs das Königsberger Instrument die südlichen Zenithdistanzen zu grofs gegeben hat. Wenn man also die Deklination eines Sternes, in unserem Falle des Procyon, vergleicht, so wird man aus den verschiedenen Angaben nicht unmittelbar ihre Veränderung ableiten können. Vergleicht man aber gleichzeitig mehrere Sterne, deren Oerter den Stern Procyon symmetrisch einschliefsen, und sieht zu, wie sich die Veränderung des Procyonortes vom Mittel der Veränderungen der übrigen Sterne unterscheidet, so wird der Schlufs weit bündiger; denn eine grofse Anzahl von Fehlerquellen wirken auf beide Parthien fast ganz gleichmäfsig ein und verschwinden daher aus der Differenz, und der dadurch erlangte Vortheil ist weit gröfser, als die Vergröfserung der zufälligen Fehler und als die Wahrscheinlichkeit, durch diese Operation neue Unsicherheiten einzuführen. Gleichwohl bleiben noch immer Fehlerquellen übrig, die nur mit grofser Schwierigkeit zu ermitteln sind, und die z. B. von der verschiedenen Auffassung des Fadenantrittes bei verschieden hellen Objekten herrühren. Auch ist nicht zu leugnen, dafs die von Bessel für Sirius benutzten Vergleichsterne von einer

Digitized by Google

symmetrischen Lage gegen Sirius weit entfernt sind, woran die starke südliche Deklination dieses Sternes die Schuld trägt. Wie dem nun auch sei: Bessels nur 18 Monate nach der Publikation der Arbeit erfolgter Tod verhinderte die Fortsetzung der Untersuchungen von seiner Seite, und das Problem ging somit an seinen Nachfolger in einem Zustande über, der umfassende Arbeiten nöthig machte.

Wenn nach dem Vorigen eine periodische Veränderlichkeit der Bewegung, falls sie reell ist, nur dadurch erklärt werden kann, dafs der betreffende Stern Glied eines Doppelsternsystems ist, so bieten sich zwei Aufgaben. Zunächst mufs alles daran gesetzt werden, von Seiten der Beobachtung zu der genauesten Grundlage zu gelangen, um allen Verdacht, dafs die erschlossenen Aenderungen nur durch eine sonderbare Anhäufung einzelner Fehler entstanden sind, auszuschliefsen. Ist dies geschehen und sind die Daten so rein und vollständig wie möglich gesammelt, so mufs der Versuch gemacht werden, die Bewegung mit dem Gravitationsgesetz in Uebereinstimmung zu bringen, d. h. die Elemente der Kepplerschen Ellipse, die der Stern beschreibt, zu bestimmen. Diese Arbeiten hat für die Rektascensionsbewegung des Sirius Peters, damals Bessels Nachfolger zu Königsberg, mit vollständigem Erfolge ausgeführt, der für Sirius eine elliptische Bahn von etwa 50 Jahren Umlaufszeit fand.

Zur Bestimmung der Ebene, in der die Bewegung vor sich geht, sind die Rektascensionen allein nicht hinreichend. Dazu gehört vielmehr die Verbindung mit der zweiten Koordinate, der Deklination; diese ist aber wegen des tiefen Standes von Sirius auf der nördlichen Halbkugel weit weniger sicher zu bestimmen und wurde von Peters nicht mit untersucht.

Indem wir nun der historischen Entwickelung dieser Studien etwas vorgreifen, kommen wir zur Untersuchung der Deklination des Sirius. Es ist klar, dafs, wenn Sirius wirklich eine solche Ellipse beschreibt, es ein sonderbarer Zufall wäre, wenn sich dies nur in den Rektascensionen zeigen sollte, vielmehr mufs, aller Wahrscheinlichkeit nach, auch die Bewegung in Deklination veränderlich sein, und bei aller Verschiedenheit der Gröfse beider müssen in beiden doch einige Umstände übereinstimmen. Es mufs nämlich in beiden Bewegungen dieselbe Periode stattfinden, und beide müssen eine Ellipse von gleicher Exzentrizität und dieselbe Zeit für die gröfste Nähe beider Körper ergeben. Diese Untersuchungen sind vor allem durch Auwers ausgeführt worden, der gezeigt hat, dafs auch die Deklinationen eine mit der aus den Rektascensionen abgeleiteten übereinstimmende Ellipse

Digitized by Google

ergeben, und hiermit war ein Beweis für die wirkliche Doppelsternnatur des Sirius geliefert, der einem ernstlichen Zweifel nicht mehr unterzogen werden konnte. Aber ähnlich wie bei Neptun, so sollte auch bei Sirius der direkte Beweis für die Richtigkeit der Rechnungen geboten werden. Für die Masse des Siriusbegleiters hatte sich aus der Untersuchung ein recht beträchtlicher Werth ergeben, der es unwahrscheinlich erscheinen liefs, dafs der Begleiter wirklich ohne merkliche Lichtwirkung sei. Sirius ist der hellste Stern des Himmels; in dem Mafse aber, wie die Helligkeit zunimmt, wird es schwer, ein benachbartes helles Lichtpünktchen zu erkennen, und so war also gerade bei Sirius die Schwierigkeit gröfser als bei jedem anderen Sterne.

In der That fand im Winter 1861—62 der bekannte amerikanische Optiker Alvan Clark bei der Prüfung eines neuen grofsen Objektivs ein Sternchen in etwa 10″ Abstand von Sirius, welches von da an eifrig mit den gröfsten Fernrohren verfolgt worden ist, und dessen Identität mit dem hypothetischen Siriusbegleiter nach einigen Jahren auf das unzweifelhafteste aus den Beobachtungen hervorging. Damit ist für uns der Siriusbegleiter aus dem Gebiete der Astronomie des Unsichtbaren in das des Sichtbaren versetzt worden, und es gehört nicht an diese Stelle, die weiteren Untersuchungen über denselben, die in neuerer Zeit von Auwers nunmehr auch auf die mikrometrischen Vergleichungen der beiden Komponenten ausgedehnt worden sind, zu verfolgen.

In ähnlicher Weise wie bei Sirius ist es Auwers und später L. Struve gelungen, auch aus den Beobachtungen des Procyon einen definitiven Beweis für die Existenz eines nicht sichtbaren Begleiters herzuleiten. Procyon beschreibt einen Umlauf in etwa 39 bis 40 Jahren, doch hat bisher noch kein Riesenteleskop vermocht, den Begleiter zu entdecken, und es erscheint nunmehr wirklich fraglich, ob in diesem Falle der für den Astronomen allerdings überflüssige direkte Beweis durch Auffindung des Begleiters geliefert werden wird. Und vielleicht ist es ganz gut, wenn dies nicht gelingt, indem dann nach wie vor der Astronom zu jeder Zeit auf eine genau anzugebende Stelle des Himmels dicht bei Procyon hinzuweisen vermag, an welcher sich mit positiver Sicherheit ein Sternchen befindet, das ein menschliches Auge noch nicht erschaut hat.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Parallelen.

Betrachtungen über die einheitlichen Züge im Naturgeschehen.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer.**

(Schlufs.)

Wir haben durch die vorangegangenen Betrachtungen erkannt, wie eine einzige Art der Bewegung, das Hin- und Herpendeln von Atomen, nur durch die Variationen ihrer Geschwindigkeit und Ausdehnung im stande war, die verschiedensten physikalischen Erscheinungen zu erklären, von der Wellenbewegung des Wassers aufsteigend, den Schall, die Wärme, das Licht. Aber in neuerer Zeit gesellt sich hierzu auch die bisher so geheimnifsvolle Elektrizität; auch sie beruht auf Schwingungen, wenngleich die Elektrizitätswellen eine ungleich gröfsere Länge als alle übrigen bekannten besitzen und eben dadurch der Beobachtung bisher entgingen. Es handelt sich hier um Wellenlängen von ganzen Metern, während die Lichtwellen sich innerhalb von Millionsteln eines Millimeters bewegen. Ich kann auf diese subtilen Untersuchungen leider nicht näher eingehen, auch bleibt hier manches der Neuheit der Sache wegen unaufgeklärt.*) Es scheint nun, dafs alle Lichtbewegungen nur spezielle Fälle der Elektrizitätsbewegung sind, dafs eben die Elektrizität die allgemeine Erscheinung ist. Es ist ganz seltsam zu sehen, wie man gerade die Elektrizität von allen anderen Naturkräften am spätesten entdeckte, während wir heute überzeugt sind, dafs sie die verbreitetste aller Naturkräfte ist.

Elektrizität entsteht überall, wo zwei ungleichartige Körper in Berührung gerathen. Wenn wir davon bisher nur in den seltensten Fällen etwas bemerkten, so liegt das nur daran, dafs die meisten uns

*) Im dritten Jahrgang S. 347 u. f. hat Herr Spies eine ausführliche Abhandlung über diese neueren hochinteressanten Untersuchungen veröffentlicht, während wir im zweiten Jahrgange S. 72 u. f. den klassischen Vortrag von H. Hertz über diesen Gegenstand zum Abdruck brachten.

Digitized by Google

umgebenden Körper die Elektrizität auch zugleich fortleiten, d. h. sie sogleich im Moment ihres Entstehens wieder verschwinden lassen. Wir müssen daher, um eine Ansammlung von Elektrizität zu erzeugen, den betreffenden Körper, aus welchem wir dieselbe ziehen wollen, sehr sorgfältig mit einem jener Stoffe umgeben, durch welchen dieselbe nicht hindurch zu strömen vermag, sodafs sie gehindert wird, sich mit dem ungeheueren Reservoir im Erdkörper zu vereinigen. Thun wir dies, so nehmen wir wahr, dafs alle Körper ohne Ausnahme durch Berührung oder Reibung elektrisch werden. Diese Thatsache, dafs es keinen unelektrischen Körper giebt, dafs also diese wohlthätige Kraft, welche wir heutzutage bereits fast zu allen der Wohlfahrt des Menschengeschlechtes förderlichen Diensten zu verwenden im stande sind, ich sage die Thatsache, dafs man diese Kraft aus allen uns umgebenden Stoffen zu ziehen vermag, ist von verheifsungsvollster Bedeutung für die Zukunft unserer Kulturentwickelung. Es ist zweifellos, dafs der Elektrotechnik eine alle anderen Zweige des menschlichen Schaffens beherrschende Rolle zufallen wird.

Gänzlich abseits von diesen Gebieten der Schwingungserscheinungen liegt das der Schwerewirkung und das weite Reich der chemischen Vorgänge. Hier handelt es sich offenbar um Bewegungen ganz anderer Art.

Das Wesen der Schwere, welche die Bewegungen der Himmelskörper im Weltgebäude ordnet, ist noch immer ein tief geheimnifsvolles geblieben; je weiter wir in der Erkenntnifs der Natur fortschreiten, je mehr praktische Erfahrungen wir über das Naturgeschehen sammeln, je unbegreiflicher wird uns diese wunderbare Thatsache, dafs ein Weltkörper aus einer Entfernung von vielen Millionen Meilen derartig auf einen anderen wirken könne, dafs er ihn durch einen leeren Raum hindurch ohne Vermittelung irgend eines Agens anzuziehen vermag.

Zwar bemerken wir Aehnliches bei der Anziehung des Eisens durch den Magnet; bei allen diesen elektrischen und magnetischen Erscheinungen jedoch mufs man nach den neueren Forschungen das Vorhandensein jenes feinsten Stoffes voraussetzen, welcher der Träger der Lichtschwingungen ist, des sogenannten Weltäthers. Schon Faraday hatte gezeigt, dafs eine gewisse Art ausgewählter Lichtschwingungen, die des sogenannten polarisirten Lichtes, von einem Magneten derartig beeinflufst werden, dafs ein Zusammenhang zwischen beiden Kräften unzweifelhaft ist, dafs also der Magnet nicht durch den absolut leeren

Digitized by Google

Raum hindurch, sondern nur durch Vermittelung materieller, allerkleinster Theile seine scheinbare Fernewirkung auszuüben vermag.

Aehnlich kommt man nun bei der Gravitation oder Schwerewirkung in neuester Zeit mehr und mehr zu der Ueberzeugung, dafs auch hier jener Aether die vermittelnde Rolle spielt, dafs es sich hier aber voraussichtlich nicht um schwingende, sondern um geradlinige und gleichmäfsig fortschreitende Bewegungen der Aetheratome handelt. Ueberall durchschiefsen das Weltall Kugeln von allerkleinsten Dimensionen mit ungeheuern Geschwindigkeiten, die jedenfalls gröfser sind wie die des Lichtes, welches bekanntlich 40000 geographische Meilen in einer Sekunde zurücklegt. Dieser Kugelregen prallt von allen Seiten her auf die das Weltall durchschwebenden Weltkörper ein; wenn aber nun ein kleinerer Weltkörper sich in der Nähe eines gröfseren befindet, so schützt dieser letztere den ersteren von einer bestimmten Richtung her vor dem Anprall eines Theils dieser Aetheratome; so treffen alsdann beispielsweise die Erde mehr Aetheratome von der der Sonne entgegengesetzten Seite her, als von der ihr zugewandten, und diese stofsen, schieben die Erde förmlich gegen die Sonne hin. So ungefähr ist man also im stande, die dem gesunden Menschenverstande völlig unbegreifliche Fernewirkung der Weltkörper auf einander sich einigermafsen vorstellig zu machen, wenngleich die genauen Untersuchungen hierüber zu einer definitiven Erklärung noch nicht geführt haben.

Durch eben diesen selben beständigen, dichten Kugelregen, welcher auf sie allseitig einströmt, verdichten sich im Laufe der Jahrmillionen, welcher die Weltbildung zu ihrer Entwickelung bedarf, die Weltkörper mehr und mehr. Der Physiker sagt nach altem Sprachgebrauch, sie verdichten sich durch ihre eigene Schwere vom ursprünglich gasförmigen bis zum festen Zustande. In Wirklichkeit hat man es hier jedoch nicht mit inneren Kräften der kleinsten Teilchen dieser Weltkörper zu thun, welche nach diesen Erscheinungen den unbegreiflichen Drang in sich fühlten, sich eng und immer enger an einander zu ketten, sondern diese Verdichtung wäre nach der neuen Weltanschauung nur eine Wirkung des ganz ungeheueren Kräftevorrats, welcher durch die Bewegungen des Weltäthers beständig uns zufliefst.

Unter diesen Gesichtspunkten ist ein Weltkörper in keiner Weise verschieden von dem Molekül des Physikers oder auch des Chemikers. Man weifs längst, dafs zwischen den kleinsten Teilchen, welche irgend einen in unseren Händen befindlichen Gegenstand zusammensetzen, sich sehr grofse leere Räume befinden. Wie wäre es auch sonst wohl

Digitized by Google

möglich, dafs z. B. Glas von den Schwingungen des Lichtäthers, fast ohne diese zu stören, durchdrungen werden könnte! Alle diese Gegenstände sind Ansammlungen kleiner Weltkörper und man könnte sich Wesen denken, welche einen Stein, den wir durch die Luft schleudern, für einen Sternhaufen erklären, der mit beträchtlicher Eigenbewegung das Weltall durchfliegt; denn es ist nur eine nothwendige Folge der im Vergleich zu der Gröfse der Atome sehr rohen Konstruktion unserer Netzhaut im Auge, dafs wir diese Atome nicht einzeln, sondern nur eine grofse Anzahl derselben als ein scheinbar Ganzes wahrzunehmen vermögen. Jeder der einige Millionen von Sehzapfen, aus denen sich unsere Netzhaut zusammensetzt, wird, wenn er einen Lichteindruck empfängt, diesen mindestens so grofs voraussetzen, als er selbst ist, d. h. kleinere Gegenstände als diese Sehzapfen werden entweder garnicht, oder wenn ihr Lichtreiz stark genug empfunden wird, mindestens von der Ausdehnung eines Sehzapfens wahrgenommen. In diesem extremen Falle befinden wir uns den Fixsternen gegenüber. Es ist kaum zweifelhaft, dafs die entferntesten Sterne Durchmesser besitzen, deren Bild auf unserer Netzhaut kleiner ist als ein Sehzapfen. Wir können dieses Bild durch unsere optischen Hilfsmittel noch so stark vergröfsern, ohne dafs es gröfser erscheint. Es wird immer nur ein Sehzapfen von dem Lichtreiz getroffen.

Es hindert uns nichts, an die auf den ersten Augenblick höchst abenteuerliche Idee zu glauben, das dieses ganze Weltall mit seinen Millionen und aber Millionen von ungeheuern Sonnenkörpern in einer höheren Ordnung von Welten durchaus nichts weiter ist, keinen gröfseren Wert besitzt, als jener Stein, den wir durch die Luft schleudern, und umgekehrt: es ist keineswegs ausgeschlossen, dafs die wunderbare Verfeinerung unserer Forschungstechnik es noch dazu bringt, seinerzeit so starke Vergröfserungen zu erzeugen, dafs bei genügend kräftiger Beleuchtung wir in dem Stein die schwingenden, ihre kreisenden und rotirenden Bewegungen ausführenden Atome einzeln erkennen werden und so imstande sind, unsere astronomischen Studien, die wir am weltdurchdringenden Fernrohr begannen, im Mikroskop zu vollenden.

Denn wir müssen schon heute davon überzeugt sein, dafs diese Bewegungen der Atome im Steine, durch welche er seine vielartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften kundthut, selbst in eingehenderen Details den Bewegungen der Himmelskörper ähnlich sein müssen. So kann man beispielsweise die Wärmeerscheinungen durch genau hin- und herpendelnde Bewegungen der Atome erklären, wie wir sie im Weltall allerdings nicht wahrnehmen; aber es giebt eben

Digitized by Google

keinen Körper, der nur Wärmeerscheinungen zeigte; diese übrigen Einflüsse von einwirkendem Licht, elektrischer Erregung etc. lenken das Atom in andere Bahnen; sie stören die pendelnde Bewegung. Dieselbe geht dadurch nothwendig in eine elliptische oder bei verwickelten Einflüssen in eine noch komplizirtere Bewegung über, eben wie wir sie am Himmel wahrnehmen.

So löst sich das ganze Weltgeschehen in einander ähnliche Bewegungen seiner kleinsten sowie seiner gröfsten Theile auf; die lebendige Bewegung allein ist der Impuls jeder Entwickelung, die Ruhe bedeutet den unvermeidlichen Tod; aber — und hier kommen wir zu einem scheinbar grofsen Widerspruch — Ruhe giebt es nicht im Weltgebäude, und so sicher es uns auch scheinen mag, dafs das Unvermeidlichste der Tod sei, so sicher können wir deshalb trotz alldem, wenn wir von einem höheren Standpunkt aus das Weltgeschehen betrachten, behaupten, dafs es einen Tod nicht giebt. Tritt in der Entwickelung der Lebewesen diese mysteriöse Erscheinung auf, welche einen so plötzlichen Rifs in der körperlichen wie geistigen Thätigkeit des unbedeutendsten sowie des vollkommensten lebendigen Organismus hervorbringt, so ruht doch die Naturthätigkeit gegenüber diesen Atomen nicht eine Sekunde lang aus; an dem abgelebten Körper wird sofort wieder auf das lebhafteste gearbeitet, um durch die Verwesung hindurch seine Atome dem Leben aufs neue wieder zuzuführen. Ein grofses Fragezeichen bleibt also nur in Bezug auf die Thätigkeit des Geistes übrig; hierüber wollte die Natur uns keinen Aufschlufs geben. Sonst überall in der Natur wechseln wie Tag und Nacht, wie Schlafen und Wachen die auf- und absteigenden Kreisläufe mit einander ab, so im kleinsten Geschehen wie im gröfsten. Tausend und abertausendfach verschlingen sich diese Kreisläufe in einander und unterstützen sich in der Verfolgung der allgemein emporstrebenden Entwickelung des Weltgebäudes, und es wird uns nicht mehr allzu seltsam erscheinen, wenn wir die gröfseren Kreisläufe den kleineren so ähnlich finden; denn die Triebfeder zu all diesem Geschehen ist ja in letzter Linie in den Bewegungen der Atome zu suchen, welche wir im kleinsten wie im grofsen als einander ähnlich erkannten. Wir brauchen eben nur das Zeit- und das Raummafs beliebig zu verändern, um die Aehnlichkeit der Naturerscheinung sofort zu erkennen. Greifen wir eines der interessantesten Beispiele dieser Art aus der unendlichen Fülle heraus.

Das Wasser der Ozeane umgiebt den Erdball im allgemeinen mit einer Schicht von Wasseratomen, die eine ebene, horizontale Oberfläche bildet; dieses ist jedoch nur im allgemeinen der Fall, im

Digitized by Google

speziellen zeigen sich wesentliche Abweichungen. So ist beispielsweise die Oberfläche der Meere in derselben Weise gegen die Pole hin abgeplattet, wie die Oberfläche der Erdtheile. Es ist dies eine Folge der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde um ihre Axe, welche die Aequatortheile durch die Zentrifugalkraft mehr nach aufsen hin schleudert, wie die in dieser Beziehung ruhenden Theile der Pole. Es ist nachgewiesen, dafs diese Rotation sich im Laufe der Jahrtausende verlangsamt, so dafs also unser Tag immer länger wird. Mit dieser Verlangsamung der Umdrehungszeit mufs sich auch die Abplattung verändern; die etwa drei Meilen dicke Aufwulstung des Aequators mufs also allmählich nach den Polen hin zurückgehen. Das Wasser führt nun diese Bewegungen ebenso gut aus wie das Erdreich; letzteres hebt sich im Laufe der geologischen Zeitalter, wie deutlich nachgewiesen werden kann, das heifst, es fliefst ganz ebenso wie das Wasser nach den Polen hin, wenn auch vermöge seiner gröfseren Festigkeit ganz ungemein viel langsamer.

Und diese Flut der Gesteinsoberfläche, nicht nur durch die Verringerung der Abplattung allein hervorgerufen, sondern namentlich auch durch die eindringende Kälte des Weltraumes, also gewissermafsen auch durch meteorologische Erscheinungen, welche ebenso die Wellen auf der Meeresoberfläche hervorbringen — diese Flut der Gesteinsoberfläche zeigt genau dieselben Erscheinungen wie die des Meeres. Man nehme Momentphotographien von Wellenbewegungen des Meeres zur Hand, um zu sehen, wie ähnlich sich diese den grofsen Gebirgszügen der Erde darstellen; und diese wirklichen Gebirgszüge sind durch nichts Anderes entstanden, als durch die Einflüsse von Wärme und Kälte, welche auch die Stürme des Meeres und seine Wogen erzeugen. Sehen wir dann, wie diese Meereswogen sich an den Felsen der Küsten brechen, umschlagen und ihre Wasseratome zurückstürzen in die Wellenthäler, so haben wir eine Erscheinung ganz vergleichbar den fürchterlichen Bergstürzen in den Gebirgsstöcken, welche wie die Alpen, noch im Entstehen begriffen sind. Auch hier brandet das vorgedrängte Erdreich gegen uralte unbewegliche Klippen und überschlägt sich endlich, wenn die ursprünglich wagerechten Schichtungen, senkrecht aufragend, sich nicht mehr zu halten vermögen.

Ganz ähnlich wie der meteorologische Kreislauf des Wassers ist auch der des Erdreichs, welcher sich durch die geologischen Perioden hindurchflicht. Die Wärmestrahlung der Sonne löst das Wasser der Ozeane zu Wolken auf, die Abkühlung kondensirt es wieder zu Regen, aus der Quelle strömt es hinab zum Flusse, aus

Digitized by Google

diesem wieder zum Meere zurück. Mit den Flüssen wird aber auch Erdreich aufgelöst, und flüssig, beinahe wie dieses Wasser selbst, dem Meere zugeführt, auf dessen Grunde es sich in Schichtungen ablagert. In letzter Linie sind es nun wiederum Wärme- oder Kältewirkungen, welche diese Schichtungen aus den Tiefen des Meeresgrundes emporzuheben vermögen bis zu den Regionen der Wolken, um die vereisten Berggipfel zu bilden, welche mit dem Wasser wieder zurückgetragen werden zum Meere.

Und noch viel weiter können wir heute, ohne den Vorwurf allzu grofsen Phantasiereichthums auf uns zu laden, in der Vergleichung des Naturgeschehens in seinem kleinsten und gröfsten Umfange gehen. Man hat den Menschen oft einen Mikrokosmos genannt, aber er ist ein Kosmos, ein Weltgebäude im vollsten Umfange, unendlich viel schöner und vollkommener als das Weltgebäude über uns, so weit es wenigstens unsere Kurzsichtigkeit zu erkennen vermag. Die Milliarden von Atomen, aus denen unser Körper zusammengesetzt ist, werden, ungleich dem fallenden Steine oder dem gleichmäfsig weiterschwebenden Sternhaufen des Himmels, von einer höheren Macht, nämlich der des schaffenden Geistes in zielbewufste Bahnen gelenkt. In diesem gewaltigen Kosmos bewegen sich und leben Milliarden selbstständiger Wesen, deren Lebensregungen nur insoweit eingeschränkt sind, als sie dem Wohle des Ganzen nützlich sein müssen. Weiter aber geht unsere persönliche Freiheit auch nicht. Diese selbständigen Wesen sind die Zellen, deren Arbeitstheilung eine Organisation aufweist, wie wir sie — zwar leider nur im Keime — in der menschlichen Gesellschaft wiederfinden. So wie nun der Stein in unserer Hand keineswegs ein einheitliches Einzelwesen ist, sondern aus einer ungeheuern Menge einzelner, für sich bestehender Atome gebildet wird, so ist auch der Mensch durchaus kein Einzelwesen; das, was er sein Ich nennt, ist nichts Anderes als das Gesamtbewufstsein eines wunderbar organisirten Staates, einer Kolonie von einzelnen Lebewesen, die sich zu gemeinschaftlichem Wollen, zu gemeinsamer Vertheidigung gegen die Aufsenwelt zusammengefunden haben.

Von diesem Gesichtspunkte aus ist ein ganz seltsam klingender Vergleich möglich. So wie wir die Zellen des menschlichen Körpers als selbstständige Wesen aufzufassen im stande waren, können wir andererseits den ganzen Menschen wieder als eine einzelne Zelle betrachten, von denen sich Millionen und aber Millionen zusammenfinden, um ein neues organisches Wesen von den Dimensionen eines Weltkörpers zu bilden. Der Erdkörper ist das Skelett, der Knochenpanzer

Digitized by Google

dieses ungeheuern Infusionsthieres, und erst sehr langsam beginnt sich Fleisch und Blut um diesen ungeheuern Embryo zu bilden. Durchaus nicht anders fanden sich einstmals die zunächst selbständig umherschwirrenden Amöben zu einem primitiven Organismus zusammen, indem sie nach und nach einen Theil ihrer Selbständigkeit dem Gemeinwohle, der Gemeinsicherheit opferten. Und auch schon die ersten Nervenfäden beginnen sich um das Erdinfusionsthier zu spinnen: es sind die Telegraphendrähte, welche ganz ebenso wie die Nervenstränge, die beispielsweise einen Korallenstock durchziehen, sogleich die ganze Kolonie davon benachrichtigen, wenn sich in einem Theile derselben etwas ereignet, wodurch das Wohl des Ganzen gefährdet werden könnte.

Also nicht nur der Techniker, wie wir zu Anfang unserer Betrachtungen sahen, sondern auch der Politiker kann und mufs von der Natur lernen; er soll studiren, wie die Natur ihre Staatengemeinschaften bildete, wie sie ihre sozialen und völkerrechtlichen Gesetze schafft und regelt; denn nur das, was den Naturgesetzen nicht widerspricht, kann Anspruch auf Bestandfähigkeit haben; alle entgegenstehenden Bestrebungen führen nothwendig zu Spannungen, welche den Anlafs zu gewaltsamen Auslösungen, also im Völkerleben zu blutigen Revolutionen, geben müssen.

Von diesen Gesichtspunkten aus wollte ich es versuchen, ein skizzenhaftes Bild des Naturgeschehens in grofsen Zügen hier zu entwickeln; von diesem selben Gesichtspunkte der Nothwendigkeit der Naturerkenntnifs für Jedermann hat man es in Berlin versucht, eine Anstalt zu begründen, in welcher alle Theile dieses Naturgemäldes in ihrer frappantesten, eindrucksvollsten Wirkung der grofsen Menge der allgemein Gebildeten sowie auch des Volkes vorgeführt werden. Unsere Urania ist in diesem Sinne in Wirklichkeit ein kleiner Kosmos, wenngleich sie von den Naturalienkabinetten oder Museen der landläufigen Art, in welchen die Naturgegenstände todt, analysirt, aus ihrem Zusammenhange mit der grofsen Natur gerissen, neben einander liegen, von Grund aus verschieden ist.

Digitized by Google

Das Okularende des grofsen 36-zölligen Refraktors der Lick-Sternwarte.

Von Prof. E. E. Barnard.

Der grofse Refraktor der Lick-Sternwarte hat drei, in unserem Holzschnitte sichtbare Sucher — kleine Fernrohre, welche an der Seite des grofsen angebracht sind und dazu gebraucht werden, ein Objekt in das Gesichtsfeld des grofsen Fernrohres einstellen zu helfen. Der kleine Sucher (A, Fig. 1), welcher rechts oben über dem Okular sich befindet, ist ein Steinheilscher Kometensucher von 2,6″ Durchmesser und sehr kurzer Brennweite; er fafst ein grofses Gesichtsfeld von etwa 5° und dient dazu, um irgend ein Objekt zunächst in einen der anderen Sucher zu bringen. Rechts unter diesem befindet sich der gröfste Sucher (B), welcher 6″ Durchmesser hat und ein kräftiges Teleskop darstellt, so grofs wie manche von denjenigen, welche einige unserer vorzüglichsten Beobachter berühmt gemacht haben. Dieser Sucher ist von Nutzen, wenn das einzustellende Objekt lichtschwach ist. Links befindet sich ein dritter Sucher (C); dieser hat 4″ Durchmesser und wird bei der Handhabung des grofsen Teleskopes am meisten gebraucht. Es sind endlich auch Klammern vorhanden, durch welche unser 12-zölliges Aequatorial mit dem grofsen Teleskop verbunden werden kann, sollte jemals ein so kräftiger Sucher erforderlich sein.

In unserer Abbildung sieht man auch einige Steuerrädern ähnliche Handräder mit Speichen. Diese dienen zur Klemmung und feinen Bewegung des Instrumentes. Die beiden tiefer stehenden auf der linken Seite drehen lange Klemmstäbe, welche am Tubus entlang laufen bis hinauf zur äquatorialen Montirung; sie klemmen das Teleskop in Rektaszension (D) oder Deklination (E). Wenn das Teleskop in Rektaszension geklemmt ist und das Uhrwerk läuft, so bewegt es sich aufserordentlich gleichförmig mit den Sternen westwärts. Die anderen Räder sitzen an den Stangen für Feinbewegung: drei von ihnen dienen zur Bewegung in Rektaszension und drei zur Verschiebung in Deklination; die grofse Zahl dient der Bequemlichkeit, damit das

Digitized by Google

eine oder das andere Rad stets der Hand erreichbar ist, gleichgültig in welcher Stellung das Teleskop sich befinden mag. Die Räder für Feinbewegung und Klemmung in Rektaszension haben hervorragende Speichen, die derartig gekerbt sind, dafs der Beobachter, da die Dekli-

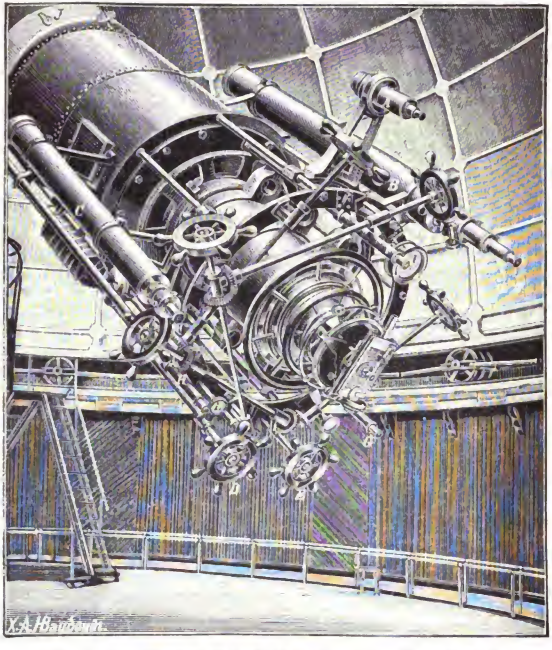


Fig. 1. Das Ocularende des 36-zölligen Refractors der Lick-Sternwarte.
(Nach einer Photographie.)

nationsräder glatt sind, im Dunkeln sofort durch das Gefühl allein bemerkt, was für ein Rad er fafst. Man kann aus unserer Zeichnung leicht erkennen, wie die Feinbewegungsstangen gleicher Art mit einander durch konische Zahnräder in Verbindung stehen, so dafs es gleichgültig ist, welches von diesen Rädern gedreht wird. Alle Bewegungen

Digitized by Google

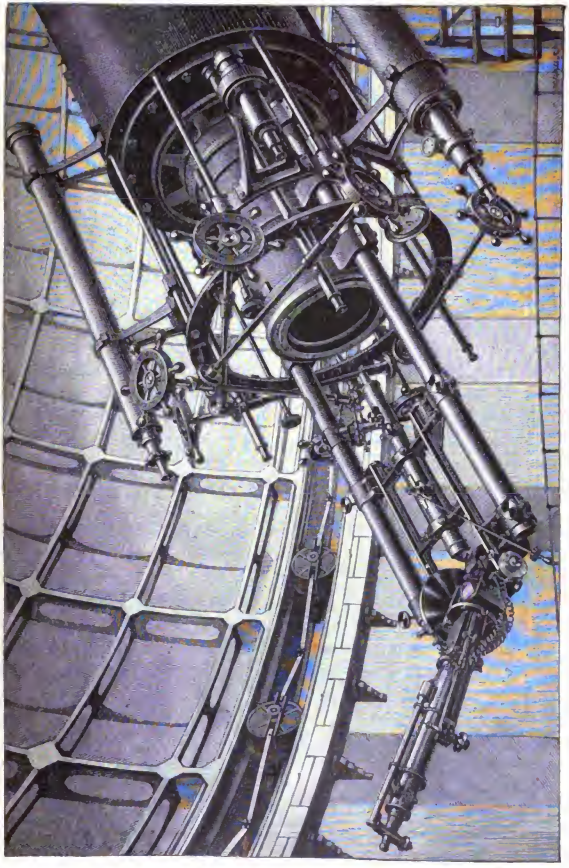


Fig. 2. Das Spectroskop am 36-zölligen Refractor der Lick-Sternwarte.
(Aus Scheiners „Spectralanalyse der Gestirne".)

Digitized by Google

des Teleskops können daher von dem Beobachter ausgeführt werden, ohne dafs er seinen Platz verläfst. Wenn das Fernrohr umgelegt, d. h. von der einen Seite des Pfeilers nach der anderen geführt werden soll, so muss dies von der kleinen Galerie aus geschehen, welche sich nahe der Stundenaxe befindet.*)

Mehrere schmale, mit Okularen versehene Rohre, welche wir an dem grofsen Tubus entlang laufen sehen, dienen zur Ablesung der Rektaszensions- (F) und Deklinationskreise (GH) vom Okularende aus; die abzulesende Stelle des Kreises wird dabei durch eine elektrische Glühlampe erhellt.

Das grofse Fadenmikrometer mit Okular ist ein sogenanntes Positionsmikrometer. Dasselbe hat zwei parallele Spinnfäden, die für Messungen gebraucht werden. Diese Spinnfäden werden von einer kleinen Oellampe erleuchtet, welche die zartesten Helligkeitsveränderungen gestattet, ohne die senkrecht zu denselben gestellten Fäden zu beleuchten (Burnhams Methode). Die vollen Umdrehungen der Mikrometerschraube werden auf einem kleinen Zifferblatt abgelesen, das vorn auf dem Mikrometer sichtbar ist; dieses Zifferblatt vermag 110 Schraubenumdrehungen zu zählen. Die Bruchtheile der Umdrehungen werden auf der kleinen Scheibe am Ende der Schraubenbüchse abgelesen. Eine Umdrehung der Mikrometerschraube ist gleich 9,″90; das gröfste bei diesem Mikrometer anwendbare Gesichtsfeld hat 6′ Durchmesser.

Unsere weitere Beschreibung wollen wir mit der Mikrometerbüchse beginnen, in welche das Okular eingeschraubt ist. Die kreisförmige Platte, auf welcher diese Büchse befestigt ist, ist der Positionskreis von etwa 12 Zoll Durchmesser. Er hat die gewöhnliche Ausrüstung mit Verniers (Nonien), Feinbewegungsschrauben etc., und ist bis auf 0,01° ablesbar. Nahe diesem Kreise befindet sich ein mit Nickel plattirter Metallring, welcher durch Halter an dem Mikrometer befestigt ist, und dasselbe zu tragen hat, wenn es abgenommen oder angesetzt wird. Dieses Mikrometer ist von South u. Co. in Washington gefertigt. Hinter ihm befindet sich ein etwas gröfserer hölzerner zum Focussiren verwendeter Ring. Mit Hülfe dieses Ringes schiebt man das Okular nach dem Objektiv hin, oder von demselben weg, der schwere Tubus kann bis auf etwa $^1/_{500}$ Zoll genau eingestellt werden. Nahe diesem Holzring ist ein ähnlicher, noch gröfserer angebracht, welcher nur als Handhabe zur Bewegung des Teleskopes dient.

*) Man vergleiche unsere Abbildung des ganzen Refractors im ersten Bande dieser Zeitschrift.

Digitized by Google

Ueber dem Mikrometer sieht man auf dem grofsen flachen Eisenring eine kleine Uhr (I), welche zur Bequemlichkeit des Beobachters Sternzeit angiebt.

Unter dem Okularende des Fernrohrs zeigt uns die Abbildung den grofsen beweglichen, 65 Fufs im Durchmesser haltenden Fufsboden, einen riesigen hydraulischen Aufzug, der gerade auf seinem höchsten Punkte steht, in gleichem Niveau mit der oberen, die Kuppel umlaufenden Galerie, $16^1/_2$ Fufs über seiner niedrigsten Stellung oder dem Grunde des Teleskoppfeilers.

Die photographische Brennweite des grofsen Teleskops ist 11 Fufs kürzer, als die optische. Unser Holzschnitt zeigt am oberen Theil des Tubus die Thür (J), welche zu der Fassung der photographischen Kassetten führt.

Links von der kleinen Uhr und unter einem der Ablesungs-Mikroskope sieht man drei runde Ansatzstücke der das Okularende umschliefsenden Röhre (K); auf der anderen Seite des Tubus befinden sich ähnliche Ansatzstücke: durch Oeffnungen in diesen können zwei lange hohle Messingstäbe eingefügt werden, welche etwa 5 bis 6 Fufs über das Okularende hervorstehen. Diese Stäbe tragen das grofse Spektroskop, wie es unsere zweite Abbildung veranschaulicht. Die ganze das Okularende umkleidende Röhre, welche die Stäbe und mit ihnen das Spektroskop trägt, kann im Positionswinkel um 360° gedreht werden. Die Drehung erfolgt mit Hülfe einer der beiden Handhaben (L, Fig. 1) nahe den Klemmen. Der Spalt des Spektroskopes kann so eingestellt werden, dafs er den Rand der Sonne schneidet, während das Teleskop auf den Mittelpunkt derselben gerichtet ist; durch Drehung kann alsdann der Spalt rings um den Sonnenumfang herum geführt werden und auf solche Weise können die Protuberanzen an jedem Punkte des Sonnenrandes mit Leichtigkeit schnell beobachtet werden. Ein grofser Positionskreis am Ende der Okularröhre, nahe dem zweiten Holzring, mifst den Positionswinkel jeder eingestellten Protuberanz. Diese bequeme Einrichtung gestattet auch, wenn der Mond in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht ist, ein Okular um dessen ganze Peripherie herumzuführen, was z. B. bei der Beobachtung von Sternbedeckungen nützlich ist, namentlich, wenn bei einer totalen Mondfinsternifs eine grofse Zahl von Sternen, die in kurzen Zwischenräumen auf einander folgen, an verschiedenen Stellen des Mondrandes zu beobachten sind.

Die grofsen, oben erwähnten Spektroskopträger können auch dazu dienen, beim Photographiren mit dem grofsen Teleskop eine

Digitized by Google

Vergrößerungseinrichtung zu tragen. Endlich sind sie außerordentlich nützlich, wenn man ein Objekt in Projektion betrachten will; es wird dann an ihnen ein Schirm befestigt, welcher das Bild auffängt, das nun nach Belieben betrachtet werden kann. Die totale Mondfinsternifs im Juli 1888 wurde auf solche Weise studirt, indem in jeder günstigen Minute während der Totalität eine vollständige Zeichnung angefertigt wurde.

Das Mikrometer kann in einem Zeitraum von 5 Minuten entfernt werden; binnen 10 Minuten etwa kann die photographische Korrektionslinse angeschraubt und so das Fernrohr aus einem optischen in ein photographisches umgewandelt werden. Das grofse Spektroskop erfordert etwa eine halbe Stunde Arbeit, ehe es zur Beobachtung fertig eingestellt ist.

Das Okularende dieses Fernrohres scheint sonach mehrere Vortheile gegenüber jeder anderen mir bekannten Form zu besitzen. Es ist vollständig für mikrometrische, spektroskopische und photographische Arbeit eingerichtet, und kann auch leicht noch zu anderweitiger Benutzung umgestaltet werden; und diese Vielseitigkeit ist erreicht, ohne dafs bei irgend einer der speziellen Benutzungsweisen, für welche das grofse Fernrohr bestimmt ist, der vollkommensten Zweckmäfsigkeit Eintrag gethan worden wäre. Der Entwurf zu diesem Apparat wurde von Professor Holden im Jahre 1884 auf Grund der zwischen ihm und Professor Langley diskutirten Ideen geliefert.

Photographie der Sonnenfackeln, Protuberanzen und der Chromosphäre.

In der Entscheidung wichtiger Fragen der Sonnenphysik, speziell beim Studium der Vorgänge auf der Sonne, wie der Ermittlung jener Beziehungen, die bei der Bildung der Fackeln, Flecken und Protuberanzen statthaben, war es schon lange erwünscht, Methoden ausfindig zu machen, welche eine Gesamtübersicht des Standes der Sonnenthätigkeit für eine bestimmte Zeitepoche erreichen lassen. Unsere bisherigen direkten und photographischen Aufnahmen geben nur immer theilweise Nachrichten vom Gesamtvorgange an der Sonnenoberfläche, und die einzelnen Erscheinungsformen, wie Protuberanzen, Fackeln u. s. w., müssen getrennt von einander studirt werden.

Vor Jahren schon sind deshalb seitens einiger Sonnenphysiker, wie Pater Braun in Kalocsa, Dr. Lohse in Potsdam, Methoden vor-

Digitized by Google

geschlagen worden, welche darauf abzielen, die Protuberanzen bei hellem Sonnenschein zu photographiren, desgleichen Flecken und Fackeln gleichzeitig aufzunehmen. Diese Methoden beruhen auf dem Verhalten gewisser Spektrallinien in verschiedenen Theilen der Sonne. Vor einigen Jahren brachte E. Hale ein ähnliches Prinzip für die Photographie der Protuberanzen in Vorschlag: Die Protuberanz wird in einem mit einem Spektroskop armirten Fernrohre vor den beweglichen Spalt des Spektroskopes gebracht. Sie verräth sich durch die besondere Helligkeit einiger charakteristischer Linien des Protuberanz-Spektrums. Eine dieser Linien läfst man auf einen engen Spalt fallen, der in dem Brennpunkte des Fernrohrs steht und nahe welchem sich eine photographische Platte befindet. Diese Linie wird durch entsprechende Bewegung der Platte festgehalten, und da die Veränderungen der Helligkeit der Linie, indem man den bewegbaren Spalt über den Sonnenrand wegführt, die Ausdehnung der Protuberanz markiren, erhält man succesive photographisch ein Bild von dem Umfange der letzteren. Die praktischen Schwierigkeiten welche sich der Anwendung der Methode entgegenstellen, hat Mr. Hale mit Hülfe der reichen, ihm am Kenwood-Observatorium in Chicago zur Verfügung stehenden Mittel beseitigt und er ist seit Anfang laufenden Jahres dahin gelangt, photographische Bilder der Chromosphäre, der Protuberanzen, Flecken und Fackeln, und zwar unabhängig von einander, zu entwerfen. Hale fand, dafs die Calciumlinien H und K in den Protuberanzen viel heller als die Wasserstofflinien sind, und später dafs dieselben Spektrallinien in den Fackeln viel heller aussehen, als in den Protuberanzen. Der gegenwärtig von ihm verwendete Apparat, den er Spektroheliograph nennt, besitzt als Haupttheile zwei bewegbare Spalte, der eine zum Spektroskop gehörig, der andere im Fernrohre vor der photographischen Platte. Die Spalte können durch einen damit in Verbindung stehenden hydraulischen Apparat gleichzeitig schneller oder langsamer bewegt werden; das ganze Fernrohr folgt durch ein Uhrwerk der Fortrückung der Sonne. Um ein Bild der Chromosphäre aufzunehmen, dreht man das Spektroskop so, dafs die K-Linie deutlich vor dem zweiten Spalte sichtbar wird und auf die empfindliche Platte fällt. Die Sonnenscheibe wird durch eine Blendung bis an den Rand der Chromosphäre unsichtbar gemacht und die Spalte werden über die Scheibe hinaus fortbewegt. Bei Fackeln und Flecken verfährt man ebenso, nur wird volles Sonnenlicht gebraucht und die Bewegung der Spalte beschleunigt. Dabei verschwindet auf der Platte das Bild der Chromosphäre, da die Zeit, welche sie zur Photographie bedarf, zu

Digitized by Google

kurz bemessen ist. Mr. Hale setzt seine Aufnahmen fort, so oft der Himmel es gestattet.

Auf sehr verwandten Prinzipien beruht ein von Deslandres auf der Pariser Sternwarte seit einiger Zeit ausgeübtes Verfahren, die Ausdehnung und Bewegung der Sonnenprotuberanzen photographisch festzustellen. Die im Mai d. J. der Pariser Akademie vorgelegten Protuberanzen-Aufnahmen waren sehr zahlreich, und die Sternwartendirektion gedachte für eine derartige Verfolgung der Sonne einen besonderen Dienst einzurichten.

Zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternifs am 16. April 1893.

Nachdem die Betheiligung mehrerer von amerikanischen und englischen Sternwarten ausgerüsteter Expeditionen behufs Beobachtung der totalen Sonnenfinsternisse der letzten Jahre, und namentlich der Finsternisse vom 1. Januar und 22. Dezember 1889, zu sehr erfolgreichen Ergebnissen geführt hat, wird auch die nächste totale Sonnenfinsternifs, die am 16. April 1893 eintritt, wiederum zu Studien seitens der Amerikaner und Engländer benutzt werden. Das Hauptinteresse dabei haben wieder, wie bei den letzten beiden Finsternissen, die auf Erklärung der Natur der Corona abzielenden Beobachtungen, also vorwiegend die photographischen Aufnahmen und spektroskopischen Observirungen. Das Interesse an den zu erwartenden Resultaten erhöht sich bei der kommenden Sonnenfinsternifs besonders dadurch, dafs dieselbe dem Maximum der Fleckenperiode näher liegen wird, während die letzten Aufnahmen über Gestalt und Ausdehnung der Sonnencorona bei einem Minimum erhalten worden sind.

Die Centralitätszone der Finsternifs vom 16. April 1893 liegt über Südamerika und reicht bis in die Wüste Sahara. Die Totalität tritt an der peruanischen Küste nach 8 Uhr Morgens ein, läuft im Laufe des Vormittags über Brasilien und den atlantischen Ozean, und erreicht um $^1/_2$3 Uhr Nachmittags die Ortschaften des Senegalgebietes. Die Dauer der Totalität beträgt in Peru über 3, an der Küste Brasiliens $4^3/_4$, und am Senegal über 4 Minuten. Professor Prichett schlägt als Beobachtungsstationen folgende Punkte vor. Zunächst das Städtchen Rosario in der Provinz Salta der Argentinischen Republik, 16 deutsche Meilen nördlich von Tucuman, und von Buenos Ayres mittelst Eisenbahn leicht zu erreichen. Diese Station liegt beträchtlich hoch über dem Meere und wird im April für die Beobachtungen, dem gewöhn-

Digitized by Google

lichen Gange der dortigen meteorologischen Verhältnisse nach zu schliefsen, voraussichtlich günstige Bedingungen bieten. Eine zweite Station auf der Centralkurve der Finsternifs wäre Para Curu in der brasilianischen Provinz Ceara, nahe der Stadt Forteleza, jedoch ist dort der Regenfall im April sehr beträchtlich — man darf die Hälfte des April als Regentage betrachten — so dafs diese Station weniger günstig erscheint. Sehr gute Wetteraussichten bieten einige Orte in Französisch-Senegambien, in der Nähe des Hafens Dakar, woselbst im April auf meist wolkenlosen Himmel gezählt werden darf: Goree, Portudal und Joal. Die Insel Goree ist eine bekannte französische Militärstation, böte einer Expedition alle Vortheile eines zivilisirten Gebietes und liegt auf der Route des regelmäfsigen Dampferverkehrs der Schiffahrtgesellschaften von Marseille, Hamburg und London.

So viel bis jetzt bekannt geworden, wird das Lick-Observatorium zur Beobachtung der Finsternifs eine Station in Chile errichten und unter die Leitung des Mr. Schaeberle stellen; das Harvard Observatory wird in Peru stationiren, und zur Besetzung der erwähnten brasilianischen und senegambischen Orte hat sich ein englisches Komité, gebildet aus den Vereinigungen der Royal Astron. Soc. und des Solar Phys. Comittee, entschlossen.

Ueber Kälteerzeugung und einige Experimente bei tiefen Temperaturen. Der Aufgabe, tiefe Temperaturen herzustellen, liegen einerseits wichtige praktische Interessen zu Grunde, so, um nur ein Beispiel anzuführen, die Bereitung künstlichen Eises, während auf der andern Seite hauptsächlich der Zusammenhang mit der rein wissenschaftlichen Frage nach der Permanenz der Gase hervorzuheben ist, der Frage, ob die Luftarten, bei denen wir eine Verflüssigung oder gar ein Erstarren nicht wahrnehmen, wie Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, wirklich nur in dem luftförmigen Zustande existiren, ob also die Natur hier thatsächlich den Sprung gemacht hat, neben die anderen Stoffe, welche fest, flüssig und luftförmig vorkommen, unvermittelt eine Gruppe von ganz anders gearteten Körpern zu stellen. Andere wissenschaftliche und technische Fragen schliefsen sich an, und Prof. Pictet, von dessen im vorigen und in diesem Jahre veröffentlichten Versuchen hier hauptsächlich die Rede sein soll, dürfte Recht haben, wenn er meint, dafs die Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen noch ein weites und dankbares Forschungsfeld darbieten. —

Es ist ein merkwürdiger Zufall, dafs die Mittel, welche zur Er-

Digitized by Google

reichung jener klärenden Forschungsergebnisse führen, eigentlich recht geeignet waren, die richtige Erkenntnifs des Wesens der Wärme als einer Bewegung aufzuhalten, weil sie in sehr nachdrücklicher Weise den Schein erwecken, als sei die Wärme ein Stoff. Prefst man z. B., wie dies in dem pneumatischen Feuerzeug geschieht, Luft in einem Cylinder mittelst eines vorgeschobenen Kolbens zusammen, so erwärmt sie sich, zieht man den Kolben zurück, sodafs eine Wiederausdehnung erfolgt, so kühlt sie sich ab. Mit der älteren Auffassung, dafs die Temperatur eines Körpers von der Menge des in ihm enthaltenen „Wärmestoffes" abhängig sei, verträgt sich dieses Experiment offenbar aufs beste; man würde es mit einer Konzentration jenes Wärmestoffes zu thun haben. Ohne näher darauf einzugehen, wie sich dieser Vorgang durch die mechanische Wärmetheorie erklären läfst, wollen wir darauf hinweisen, dafs er uns ein Mittel zur Kälteerzeugung an die Hand giebt. Man braucht ja nur die bei jener „Konzentration" auftretende Wärme abzuleiten, z. B. an Kühlwasser abzugeben, um bei der nachherigen Ausdehnung der Luft eine Temperatur zu erhalten, welche tiefer liegt als diejenige des Kühlwassers. Dieses Verfahren liegt den Windhausenschen Eismaschinen zu Grunde, welche in der neueren Zeit die älteren Apparate von Carré und Anderen mehr und mehr verdrängt hatten, bis ihnen in der Lindeschen Eismaschine eine mächtige Konkurrenz erwuchs. Diese Maschinen benutzen ebenso wie jene ältesten die Erscheinung der „latenten Wärme", und somit dieselben Vorgänge, welche auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen die sehr tiefe Temperaturen nöthig machen, in Betracht kommen; es scheint also, als fielen die Bedingungen für Herstellung der tiefsten Kältegrade und für ökonomische Bereitung des Eises, also Herbeiführung einer nur wenig unter dem Nullpunkte liegenden Temperatur, zusammen. — Nennen wir, um uns bei der Klarlegung dieser Vorgänge eines kurzen Ausdrucks bedienen zu können, die drei Aggregatzustände des Festen, Flüssigen und Gasförmigen den niederen, mittleren und höheren, so versteht man bekanntlich unter der latenten (verborgenen, mittels des Thermometers nicht nachweisbaren) Wärmemenge diejenige, welche einem Körper zugeführt werden mufs, damit er aus einem niedrigeren Zustande in einen höheren übergeht, also schmilzt oder siedet. Diese Bezeichnung ist dadurch gerechtfertigt, dafs thatsächlich bei solchen Uebergängen ein für das Thermometer nicht erkennbares Wärmequantum aufgespeichert wird: z. B. findet trotz aller Wärmezufuhr bei dem Schmelzen eines Eisstücks eine Steigerung der Temperatur über den Nullpunkt nicht statt, und erst wenn alles Eis

Digitized by Google

geschmolzen ist, steigt die Temperatur des gebildeten Schmelzwassers. Dieses Schmelzwasser hat also die gesamte zugeführte Wärme aufgenommen, d. h. es besitzt trotz seiner Temperatur von 0° einen verborgenen Wärmevorrath, welcher dem Eise von 0° Wärme abgeht. In welcher Weise diese Erscheinung bei der Kälteerzeugung verwerthet werden kann, ergiebt sich nun sehr einfach. Kann man einen Körper ohne Wärmezufuhr veranlassen, in einen höheren Aggregatzustand überzugehen, so mufs er sich dabei abkühlen; denn er soll ja in jenem höheren Zustande latente Wärme besitzen; es mufs also, wenn keine Wärmezufuhr stattfindet, die nicht latente, die am Thermometer mefsbare Wärme latent werden, d. h. es mufs, während der Aggregatzustand steigt, die Temperatur sinken. Einen einfachen Fall dieser Temperaturerniedrigung haben wir vor uns, wenn wir Wasser durch einen über seine Oberfläche hingeblasenen Luftstrom zum Verdunsten bringen. — In der Praxis führt man die Verdunstung dadurch herbei, dafs man nicht nur wie bei dem Blasen die an der Oberfläche lagernden Dampftheilchen, sondern die ganze über dem Flüssigkeitsspiegel lagernde Atmosphäre hinwegnimmt, also die Flüssigkeit in einem luftleeren Raume verdunsten läfst. Dabei werden offenbar diejenigen Flüssigkeiten am meisten Wärme latent machen, welche das gröfste Bestreben haben, sich zu verflüchtigen. Bei den Eismaschinen benutzt man von jeher das Ammoniak, ein Gas, welches sich unter gewöhnlichem Luftdruck erst bei 30° unter Null zu einer Flüssigkeit verdichtet, während es bei einer Temperatur von 10° über Null eines Drucks von 10 Atmosphären bedarf, um flüssig zu werden. Die in allen Lehrbüchern beschriebene ältere Carrésche Eismaschine stellt den luftleeren Raum mit Hülfe der eigenthümlichen Aufnahmefähigkeit des Wassers für Ammoniakgas her, indem sie ein mit Wasser und ein theilweise mit flüssigem Ammoniak gefülltes Gefäfs kommuniziren läfst. Die Aufnahme des über der ersteren Flüssigkeit schwebenden Ammoniakgases erfolgt fast momentan, so dafs nunmehr die lebhafteste Verdunstung und infolge dessen eine starke Abkühlung eintritt. Die Lindeschen Eismaschinen benutzen denselben Stoff, erzielen aber die Druckveränderungen durch eine Pumpe, welche auf der einen Seite das Ammoniakgas absaugt, also einen luftverdünnten Raum herstellt, während es auf der anderen Seite komprimirt, und bei gleichzeitiger Abkühlung durch Leitungswasser verflüssigt wird. Man läfst den Raum diesseits und jenseits der Pumpe in Verbindung treten, so dafs ein Kreislauf zustande kommt, und erhält dann da, wo beide Räume durch eine kleine Oeffnung kommuniziren, eine lebhafte Verdunstung

Digitized by Google

und Abkühlung. Das cirkulirende Ammoniak entzieht an einer Stelle also seiner Umgebung ein Wärmequantum, um es an einer anderen wieder abzugeben.

Ganz ähnlich ist nun auch das Verfahren, mittels dessen man sehr tiefe Temperaturen erzielen kann. Prof. Pictet, der bekanntlich im Jahre 1877 gleichzeitig mit Herrn Cailletet Versuche über die Verflüssigung der permanenten Gase veröffentlichte, hat im vorigen Jahre eine Einrichtung beendigt, welche mit Hülfe solcher Kreisprozesse dauernd Temperaturen von weniger als 120° unter Null herzustellen gestattet. Es ist zu diesem Zwecke nöthig, die Temperaturerniedrigung in mehreren Stufen vorzunehmen, also mehrere Cyklen aneinander zu reihen. Zu dem ersten Cyklus benutzt Pictet die nach ihm benannte Flüssigkeit, ein Gemisch von schwefliger Säure und Kohlensäure. Durch Verdampfung dieser Flüssigkeit in dem evacuirten Theile der Kreisleitung entsteht eine Temperaturerniedrigung von etwa 80° unter Null. Die in dieser Weise abgekühlte Flüssigkeit wird nun gewissermafsen als Kühlwasser für den zweiten Cyklus benutzt, bei welchem als zu verdichtendes Gas Stickstoffoxydul — das bekannte Lachgas — zur Anwendung kommt. Bei der Abkühlung bis auf 60—80° reicht zur Verdichtung ein Druck von 10 bis 12 Atmosphären aus. Bei der Temperatur des Eispunktes würde hierzu ein Druck von 30 Atmosphären erforderlich sein. Da sich dieser bei Versuchsreihen längerer Dauer nicht leicht erhalten läfst, so leuchtet der Vortheil einer Zerlegung in solche Stufen unmittelbar ein. Infolge der schnellen Verdampfung im Vacuum tritt eine Abkühlung bis auf 130° unter Null ein, eine Temperatur, bei welcher ein Theil der Flüssigkeit erstarrt. Wir haben also dieselbe merkwürdige Erscheinung vor uns, welche an der flüssigen Kohlensäure häufig demonstrirt wird, dafs bei dem Uebergang einer Flüssigkeit in den höheren Aggregatzustand so viel Wärme latent wird, dafs ein Theil der Flüssigkeit in den niedrigeren Aggregatzustand übergeht. Die Wärmeenergie, welche sonst immer das Bestreben zeigt, sich gleichmäfsig zu vertheilen, verschiebt sich hier so, dafs ein starker Kontrast entsteht. Natürlich gilt das nur bei diesem speziellen Theile des Prozesses, während aus dem gesamten Kreislaufe eine Verschiebung von Wärme im Sinne eines gröfser werdenden Kontrastes nicht entstehen kann.

Von dem zweiten Cyklus aus schreitet man nun weiter fort unter Anwendung von atmosphärischer Luft. Diese wird dem ungeheuren Drucke von 200 Atmosphären ausgesetzt und gleichzeitig mittels des fest gewordenen Lachgases auf — 130° abgekühlt. Es tritt eine Ver-

Digitized by Google

flüssigung ein, und wenn man den Hahn des Behälters öffnet, entweicht ein in prächtigem Blau erglänzender Strahl flüssiger Luft, deren Temperatur infolge lebhafter Verdunstung bis auf — 200° sinkt. Dafs besonders dieser letzte Theil der Versuche umfangreiche experimentelle Zurüstungen nöthig macht, leuchtet wohl ein. Z. B. ist es nur mit Hülfe von Reservoiren, welche aus einem einzigen Stahlblock ohne Naht gefertigt worden sind, gelungen, gröfsere Vorräthe verdichteter Luft für Experimente zu sammeln; doch war die Einrichtung eines ununterbrochen arbeitenden dritten Cyklus bisher nicht möglich.

In unerwarteter Weise schlofs sich an die Pictetschen Versuche eine praktische Verwerthung, nämlich die auf Vorschlag von Prof. Liebreich vorgenommene Reinigung des Chloroforms. Sie wird in einfachster Weise dadurch ermöglicht, dafs man dieses fast immer unrein vorkommende Anaestheticum bei etwa 100° unter Null gefrieren läfst. Die sich abscheidenden Krystalle zeigen selbst bei den empfindlichsten Reaktionen keine Spuren fremder Beimengungen, und es ist sehr wahrscheinlich, dafs die Anwendung dieses Mittels durch die Reinigung an Gefahrlosigkeit zunehmen wird.

Ueber die Strahlung der Wärmewellen von grofser Wellenlänge hat Pictet eigenthümliche Beobachtungen gemacht. Es scheint, als seien diejenigen Stoffe, welche wir wegen der in ihnen enthaltenen Lufttheilchen als Wärmeisolatoren benutzen, wie Wolle und dergl. für Wärmestrahlen, welche bei Temperaturen unter — 100° erzeugt werden, transparent, ähnlich wie beim Lichte die aus Aggregaten kleiner Bläschen bestehenden Nebel am leichtesten von den Strahlen grofser Wellenlänge, von rötlichem Lichte durchdrungen werden.

Hiermit hängt nach Pictets Ansicht ein Phänomen zusammen, welches er in der letzten Zeit beobachtet und veröffentlicht hat. Ein Thermometer, welches in erstarrendem Chloroform steht, zeigt eine höhere Temperatur als ein solches in schmelzendem Chloroform, während bekanntlich Schmelzpunkt und Gefrierpunkt sonst stets zusammenfallen. Pictet meint, dafs die Wärme, welche in den äufseren Schichten einer Menge flüssigen Chloroforms frei wird, wenn man dasselbe in einen kalten Raum bringt und nun jene Schichten gefrieren, die Flüssigkeit besser zu durchstrahlen vermöge als die Strahlen, welche von dem wärmeren Thermometer ausgehen. Ist diese Erklärung richtig, so werden sich offenbar eine ganze Reihe von Eigenthümlichkeiten aus ihr ergeben, welche den Körpern bei niedrigen Temperaturen zukommen und ganz abweichend sind von dem gewöhnlichen Verhalten derselben.

Digitized by Google

Im speziellen will Pictet die Gesetze der Ausdehnung und der elektrischen Leitungsfähigkeit der Metalle bei niedriger Temperatur, sowie den Einflufs hoher Kältegrade auf chemische Reaktionen und auf die Elektrolyse untersuchen. Es ist zu hoffen, dafs sich auf diesem bisher unerforschten Gebiete — Pictet nennt es mit einem treffenden geographischen Vergleich das polare Gebiet der Physik — umfangreiche und wichtige Ergebnisse werden erzielen lassen.

Abermals ein neuer Komet.

Einen aufserordentlich lichtschwachen Kometen hat Barnard auf dem Lickobservatorium in der Nacht vom 11. zum 12. Oktober photographisch entdeckt. Das Gestirn bewegt sich ziemlich schnell nach Südosten und steht gegenwärtig im Sternbilde des Adlers; seine Helligkeit ändert sich nur unmerklich. W.

Digitized by Google

A. Peter, Professor Dr., Wandtafeln zur Systematik, Morphologie und Biologie der Pflanzen für Universitäten und Schulen. Kassel, Theodor Fischer, 1892. Preis pro Tafel 2 M.

Die vorliegende Lieferung 1 dieses neuen botanischen Bilderwerkes enthält Tafel 1 („Cucurbitaceae") und Tafel 2 („Violaceae"), beide blüthenbiologischen Charakters. Die Verhältnisse, auf die es ankommt, sind außerordentlich gut und klar wiedergegeben. Bestäubungs- und Aussaateinrichtungen treten stark in den Vordergrund und werden bei den Kürbisgewächsen an den getrenntgeschlechtigen Blüthen des gemeinen Speisekürbisses (Cucurbita Pepo L.) und den Schleuderfrüchten der aus den tropischen Anden stammenden, aber jetzt schon in unseren Gärten häufigen sogenannten Springgurke (Cyclanthera explodens Naud.) erläutert; für die Veilchengewächse dient das Garten-Stiefmütterchen (Viola tricolor L.) als Beispiel. Wenn die weiteren Lieferungen dieser Probe entsprechen, wird sich das Werk wohl bald einbürgern, denn die Ausführung in Hinsicht auf Farben- und Fernwirkung verdient ebenso hohes Lob wie die geschickte Auswahl, die den neueren, auf das Leben gerichteten Forschungszielen in jeder Beziehung gerecht wird.

In einem nebensächlichen Punkte darf vielleicht noch ein Wunsch ausgesprochen werden; er betrifft die in Worten gegebenen Erklärungen. Die Rücksicht auf die Schulen ist es wohl gewesen, die den Herausgeber veranlafst hat, die althergebrachten Ausdrücke „Staubgefäfse" und „Stempel" (auch „Staubgefäfsblüthe" und „Stempelblüthe") beizubehalten. Vielleicht entschliefst sich der Herausgeber, diese weitgehende Nachsicht bei den folgenden Lieferungen fallen zu lassen; im allgemeinen darf heutzutage wohl vorausgesetzt werden, dafs an jeder Schule, wo ein wirklich naturwissenschaftlich gebildeter Lehrer wirkt, die Ausdrücke „Staubblätter" und „Fruchtblätter" (für den „Stempel" im ganzen „Fruchtknospe" oder „Fruchtblattkreis") wohl verstanden werden und an vielen bereits allein üblich sind. Dasselbe gilt von der „Staubblüthe" und „Fruchtblüthe" („Samenblüthe"), die übrigens unbedenklich, selbst in Mädchenschulen, als männliche und weibliche Blüthe bezeichnet werden können und auch werden.

In jedem Falle ist dem Fortgange des schönen Tafelwerkes das beste Gedeihen zu wünschen. Dr. Jaensch.

H. Schneider: Gegen Falbs kritische Tage. Berlin 1892. Dümmler.

Die Schrift lehnt sich im wesentlichen an die in dieser Zeitschrift erschienene Abhandlung von Prof. Pernter über denselben Gegenstand an, giebt aber auch eigenes Beobachtungsmaterial. Der Verfasser ist Laie, aber gerade als solcher kann derselbe dem Publikum gegenüber viel kräftiger wirken, als irgend jemand sonst. Das Publikum ist nun einmal von dem Vorurtheil nicht abzubringen, dafs die Fachgelehrten im Prinzip allemal gegen die

95312

Digitized by Google

Zunftlosen vorgehen. Gerade das offene und dabei ebensowenig polemische Auftreten, sowie die Deutlichkeit und Bescheidenheit, mit welcher der Verfasser sich zum Laienstandpunkte bekennt, ist entscheidend für die Meinung des gedankenlosen grofsen Publikums. Man wird, so paradox die Sache auch klingt, die logischen Argumente desselben ungemein viel leichter als beweisend annehmen, als wenn sie von den berufensten Gelehrten ausgehen würden. Es hat uns deshalb auch durchaus nicht peinlich berührt, dafs wir einige schiefe und selbst unrichtige Ansichten über Fluthwirkung in der Schrift vorfanden, die eben den Laienstandpunkt des Verfassers um so schärfer charakterisiren. Es liegen bekanntlich über die Ursachen der Fluthbewegung mathematische Deduktionen strengster Art vor: aber es handelt sich hier um ein Problem, das ungemein schwer in eine allgemein verständliche Form für den mathematischen Laien gebracht werden kann. Referent beschäftigt sich schon seit längerer Zeit mit der Auffindung einer solchen Form, da immer und immer wieder laienhafte Zweifel über die Fluthwirkung auftauchen, eben weil die Wirkung selbst so sichtbar für jedermann zu Tage tritt, während der Beweis für die Ursache so schwer verständlich zu machen ist.

Der kleinen Schrift aber wünschen wir nichtsdestoweniger im Interesse der endlichen Ausmerzung des so ungemein tief wurzelnden Falbschen Irrglaubens den besten Erfolg. Dr. M. Wilhelm Meyer.

Adrian Balbis Allgemeine Erdbeschreibung. Achte Auflage. Wien, Pest, Leipzig. Vollkommen neu bearbeitet von Dr. Franz Heiderich. Lieferung 1—9. A. Hartlebens Verlag. Vollständig in 50 Lieferungen à 0,75 M.

A. Hartlebens Kleiner Handatlas über alle Theile der Erde. 60 Kartenseiten. Mit erklärendem Text von Prof. Dr. Fr. Umlauft. Derselbe Verlag. Preis geb. 9 M.

Seit der siebenten Auflage der ersterwähnten Erdkunde sind nur wenige Jahre verflossen, aber es ist ein für die Erforschung der Erdoberfläche nicht unbedeutender Zeitraum gewesen. Die weifsen Flecke, welche die Landkarten bisher aufwiesen, sind durch den Fleifs und die Kühnheit der Reisenden ausgefüllt worden, und die Natur bisher schon bekannter Gebiete ist durch eindringendes Studium der zoologischen, klimatischen und anthropogeographischen Verhältnisse immer genauer ergründet worden. So mufste die ältere Auflage, wollte sie alle Fragen, welche in der modernen Erdkunde interessiren, zur Genüge beantworten, von Grund aus neu bearbeitet werden. Man kann beim Durchblättern der bisher vorliegenden 9 Lieferungen, welchen neue und schöne Abbildungen beigegeben sind, überall die Berücksichtigung des Neuen erkennen. Dem Werke werden 25 schöne Karten beigegeben, die zum Theil die physikalische Erdkunde betreffen, zum Theil die Länderkunde. Einige der letzteren sind dem mit angezeigten Atlas entnommen, der sich durch eine Fülle des Details auszeichnet und dabei doch an Klarheit nichts zu wünschen übrig läfst. Sein geringer Preis wird ihn hoffentlich überall dort einführen lassen, wo die üblichen Schulatlanten, trotz ihrer in den letzten Jahren sehr gesteigerten Vollkommenheit nicht für ausreichend befunden werden sollten. Der trotz seiner Kürze viel wissenswerthes Material enthaltende Text von Prof. Umlauft erscheint uns als eine willkommene Beigabe. —r.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Digitized by Google

Der hängende Felsen von Newport an der atlantischen Küste Nordamerikas.

(Nach einer Photographie).

Digitized by Google

Ueber die Wirkungen der Meereserosion an der atlantischen Küste Nordamerikas.[1])

Von Dr. **Emil Deckert.**

Die Grenzlinie zwischen Land und Meer ist an der Westseite des Atlantischen Ozeans so wenig eine feste und unverrückbare wie an der Ostseite, und wenn man sich einige Wochen an einem Punkte der atlantischen Küste Nordamerikas aufhält — etwa in einem der freundlichen „Resorts“ auf Long-Island, in New-Jersey, bei Boston, bei Portland in Maine, oder bei St. Augustine in Florida —, so bietet sich reichliche Gelegenheit, die Einzelheiten des wechselvollen Kampfes, in dem das nasse und das trockene Element mit einander begriffen sind, zu beobachten und darüber nachzudenken, zu welchem Ende dieser Kampf, in dem beide Streitende so durchaus aggressiv auftreten, wohl dereinst führen werde. Denn dafs die fraglichen Einzelheiten sich im Laufe der Zeiten zu gewaltigen Beträgen summiren müssen, ist ohne weiteres klar.

Der Grundtypus, in dem sich die atlantische Küste Nordamerikas darstellt, ist ein anderer im Norden, als im Süden. Im Norden — an der kanadischen und neuengländischen Küste — ragen einestheils trotzige Klippen aus archaischem und palaeozoischem Gestein der See entgegen, an denen sich die von dem Winde herangetriebenen Wogen in wilder Brandung hoch aufspritzend brechen, anderentheils sind es hohe und mächtige Wälle aus Moränenschutt, aufgehäuft von den Riesengletschern der amerikanischen Eiszeit, an denen das Meer seine

[1]) Diese interessanten Schilderungen des mächtigen Kampfes zwischen dem Festlande der nordamerikanischen Ostküste und dem Meere mögen namentlich als praktische Beispiele und Erweiterungen zu dem vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift veröffentlichten Vortrage „Das Antlitz der Erde“ von denjenigen Theilen, welche sich mit den Erosionserscheinungen hier selbstverständlich nur flüchtig beschäftigen konnten, dienen.

Digitized by Google

Kraft zu erproben hat. Junge Alluvionen dagegen, seien es Sedimente der mündenden Ströme, seien es vom Seewinde emporgethürmte Dünenreihen, finden sich nur lokal und nur in geringer Ausdehnung. Im Süden — von der Gegend New-Yorks bis zu dem floridanischen Kap Sable und um den ganzen Golf von Mexiko herum — gestalten sich die Verhältnisse durchaus verschieden. Hier treten die jüngsten Bildungen der Erdgeschichte allerwärts in den Vordergrund. — Anschwemmungen der Flüsse, Sanddünen, Muschelbänke, Korallenbauten, — und nur ganz sporadisch ist es ein Gebilde der Tertiärzeit, eine miocäne Mergelbank etwa, das der See die Stirn zu bieten hat. Die Meereswellen rollen hier auf seichtem Grunde gegen ein flaches Gestade, sie überschlagen sich in drei- oder vierfachen Schaumkämmen weit draufsen, sie verlieren bereits fern vom Lande den gröfsten Theil ihrer zerstörenden Wuth, und sie sind dort, wo sie die umstrittene Grenzlinie berühren, in der Regel nur im stande, mit leichten Muscheln und Sandkörnern zu spielen, dieselben bald hinausreifsend, bald wieder zurückwerfend auf das Trockene, und durch ihr Spiel die Materialien darbietend und zubereitend, aus denen der Seewind mehr oder minder hohe Dünenwälle aufbaut, die dem Lande als Schutz dienen.

Wer die Beziehungen der beiden Elemente entlang der amerikanischen Küste nur in den normalen Zeiten kennen lernt, dem könnte es vielleicht scheinen, als ob Gewinn und Verlust sich im allgemeinen auf beiden Seiten ungefähr die Wage hielten. Im Norden unterwäscht die Brandung in zwar deutlich sichtbarer Weise die Felsen von Kap Cod, Nahant, Kap Ann, Mount Desert etc., so dafs dieselben allmählich überhängen und schliefslich hinabbrechen;[2]) der in dieser Weise der See anheimgefallene und mehr oder minder kleingeriebene Schutt findet aber zu einem grofsen Theile unter dem Einflusse der Küstenströmungen seinen Weg hinein in die benachbarten Buchten, um dieselben zu versei chten und zu versanden — vielfach zu sehr empfindlichem Nachtheile für die Schifffahrts- und Verkehrsverhältnisse der daran gelegenen Hafenplätze, — und an dem Rande der Buchten sieht man sogar in der Form sogenannter „beaches" neues Land sich daraus bilden. Und wenn im Süden von einem Sinken der Wagschale zu Gunsten des einen Kämpfers die Rede sein kann, so könnte man geneigt sein, aus dem Vorhandensein ausgedehnter Dünenstrecken und Flufsalluvionen zu schliefsen, dafs dieser Kämpfer das feste Land sei. Die Brakwasser-Lagunen, welche sich hinter den Dünenwällen aus-

[2]) Siehe unser Titelbild: Der hängende Felsen von New Port.

Digitized by Google

dehnen — der Pamplico Sund, der Matanzas River, der Indian River, der Mississippi-Sund, die Laguna della Madra etc. — kann man beim ersten Anblick durchgängig für in fortschreitender Verlandung begriffene einstige Meerestheile halten.

In einem etwas veränderten Lichte erscheint der Grenzstreit zwischen Land und Meer, wenn man Gelegenheit hat, von einem jener furchtbaren ekstatischen Momente Zeuge zu sein, in denen das letztere gegen das erstere mit verhundertfachter Wuth und Gewalt anstürmt, und unendlich gröfsere Massen als in den gewöhnlichen Zeiten

Fig. 1. Die Küste von Long Island.

verschlingt. Genau wie in den Kriegen, welche die Völker mit einander führen, sind es ja diese ekstatischen Momente, diese Katastrophen — die grofsen Hauptschlachten sozusagen, die die Streitenden einander liefern — die den Ausschlag geben. Auch ihre Wirkungen summiren sich im Laufe der Zeiten, und unter dem Einflusse der westindischen Orkane und Nordoststürme wiederholen sie sich an der amerikanischen Küste so oft, dafs wir bereits in einer sehr kurzen Spanne der historischen Zeit — in wenigen Jahrzehnten, ja in Jahresfrist — die Fläche des Landes sich an verschiedenen Stellen des

Digitized by Google

Meeresrandes um ein beträchtliches vermindern sehen, ohne dafs Hoffnung da wäre, dafs der Verlust je wieder ersetzt werden könnte.

Im Norden, wo die felsige Natur der Küste die Erosionsthätigkeit der Meeresbrandung erschwert, und wo es auch selbst zur Zeit der wildesten Stürme immer nur verhältnifsmäfsig kleine Bruchstücke sind, die auf Nimmerwiedersehen in den Wogen verschwinden, sind die in das Meer mündenden Ströme im allgemeinen nicht sehr reich an Sedimenten. Denn durch die Nachwirkungen der bereits erwähnten nordamerikanischen Eiszeit erweitern sich dieselben samt und sonders auf ihrem Laufe vielfach zu Seen, und der Schutt, den sie aus den Bergen fortführen, wird auf diese Weise zum weitaus gröfsten Theile zur Ausfüllung dieser Seen verwendet. Sodann ist der vorherrschende und im allgemeinen auch kräftigere Wind an der ganzen Nordküste der Westwind, also der von dem Lande wehende Wind, während der Ostwind — der Seewind, dem die Funktion des Dünenbaues zufällt — der seltenere und schwächere ist, abgesehen nur von den erwähnten Stürmen, von denen immer nur Zerstörungen zu gewärtigen sind. Die Dünenwälle, welche wir im Norden der New-York-Bai gewahren, sind daher sowohl hinsichtlich ihrer Höhe als auch hinsichtlich ihrer Breite und Länge unbedeutend, sie ragen nur ausnahmsweise höher empor als fünf oder sechs Meter, sie beschränken sich auf den schmalen Küstensaum, und von förmlichen Dünengebirgen wie auf dem deutschen Sylt oder an der holländischen Küste, sowie von einem ausgedehnten „Wandern der Dünen“ ins Binnenland ist nirgends die Rede. Auch die Vegetation auf den Dünen ist in der fraglichen Gegend nur eine spärliche, und zur Festigung der natürlichen Schutzwälle des Landes trägt sie mit ihrem Wurzelwerke vergleichsweise nur ein Geringes bei. So kommt es, dafs die Wogen der vom Orkane herangepeitschten Sturmfluth in den recenten Landbildungen auf wenig Widerstand stofsen, und gerade diese recenten Bildungen sind es, die zu solchen Zeiten am gründlichsten verwüstet und zerstört werden. Einen mächtigen Verbündeten hat die sturmbewegte See übrigens entlang der ganzen nördlichen Küste in dem kalten und veränderlichen Winterklima, das daselbst herrscht, und wer die Klippen von Newport, Nahant, Mount Desert etc. in den Monaten Januar bis April besucht, der kann in ihren Spalten wahre Wunder lockernder und sprengender Frostwirkung zu schauen

Fig. 2.
Küstenerosion am Cap Fort.
(Die Küstenlinie bei Nauset Harbone im Jahre 1868 und 1887. Nach H. L. Whiting.)

Digitized by Google

bekommen. Riesenblock auf Riesenblock bricht unter dieser Wirkung hinab, und die Brandungswogen der Sturmfluth spielen mit ihnen und schleudern sie gegen die stehen gebliebenen Reste der Klippe, um endlich auch diese zum Sturze zu bringen. Die Frostwirkungen im grofsen wie im kleinen, die in jeder zu Tag ausgehenden Spalte zu konstatiren sind, sind neben dem Ungestüm der Stürme in erster Linie zu bedenken, wenn man das Phänomen der fortschreitenden Meereserosion an dem nördlichen Theile der atlantischen Küste Nordamerikas begreifen will.

Im einzelnen sind die fraglichen Verhältnisse entlang dieser Küste noch wenig in exakter Weise beobachtet worden, und betreffs des Betrages der Erosion ist man daher im allgemeinen nur auf ganz ungefähre Schätzungen angewiesen. Ueber einige wenige Punkte liegen aber genaue Untersuchungen vor, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, und in ihnen findet man bis zu einem gewissen Grade das Kriterium, um jene Schätzungen auf ihren wirklichen Werth

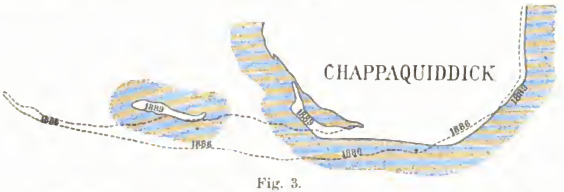


Fig. 3.
Küstenzerstörung und Küstenwachsthum im Süden von Chappaquiddick (Marthas Vineyard). (Nach H. L. Whiting.

zu prüfen. Sehr dankenswerth und interessant sind in dieser Beziehung namentlich die Vermessungen und Berechnungen, welche H. L. Whiting und H. L. Marindin im Auftrage der „U. S. Coast Survey" auf Marthas Vineyard und Kap Cod angestellt haben.[3]) Der mittlere Theil der 45 m hohen Nashaquitsa-Klippenreihe auf Marthas Vineyard (vergl. Fig. 3) wich danach in den Jahren 1846 bis 1886 um 66 m (220 amerikanische Fufs) zurück, also durchschnittlich in jedem Jahre um 1.4 m, und auf der Halbinsel Kap Cod (vergl. Fig. 2) betrug der absolute Verlust des Landes an die See auf der Strecke zwischen der Pleasant-Bai und dem Nausett-Hafen in den neunzehn Jahren von 1868 bis 1887: 2.107.831 Kubik-Yards (einer positiven Strand-

[3]) Vergl. die Reports der U. S. Coast and Geodetic Survey von 1886 (S. 263 ff.) und 1889 (S. 403 ff.).

Digitized by Google

verschiebung von 48 m im ganzen, oder 2.5 m im Jahre entsprechend), auf der Strecke von dem Nausett-Hafen bis zu den Nausett-Lichtern in den einunddreifsig Jahren von 1856 bis 1887: 874.161 Kubik-Yards (entsprechend einer Strandverschiebung von 2.5 m im ganzen, oder von 0.08 m im Jahre), und auf der Strecke von den Nausett-Lichtern bis zu dem Highland-Lichte in den neununddreifsig Jahren von 1848 bis 1887: 30.231.038 Kubik-Yards (entsprechend einer Strandverschiebung von 38.4 m im ganzen, oder von 0,96 m im Jahre). Das Zurückweichen der geschützt gelegenen Gay-Head-Klippen im Westen von Marthas Vineyard schätzt Professor N. Shaler auf höchstens 0.3 m im Jahresdurchschnitte,[4]) die kleine Sandinsel Skiffs Island im Südosten von der genannten gröfseren Insel dagegen ist nach H. L. Whiting in den Jahren 1886 bis 1888 von der See um 68 m gegen Westen verschoben und gleichzeitig auf den dritten Theil ihrer sonstigen Gröfse reduzirt worden.[5])

An der kanadischen Küste wird die zerwaschende und reifsende Thätigkeit der Brandung zum Theil durch eine ungeheure Höhe der Gezeiten unterstützt — in der Fundy-Bai bisweilen 23 m —, und es ist daher anzunehmen, dafs die Wirkungen der Meereserosion daselbst an vielen Orten sehr bedeutende sein werden; genauere Daten darüber sind aber nicht vorhanden.

Was den südlichen Theil der atlantischen Küste Nordamerikas betrifft — die offene Ozeanküste zwischen New-York und der Südspitze Floridas, sowie die Golfküste von dem letztgenannten Punkte bis an die Strafse von Yukatan — so wohnt den daselbst vorherrschenden jungen Landbildungen natürlich an sich viel weniger Widerstandskraft den Angriffen des Meeres gegenüber inne. Der Sedimentreichthum der hier mündenden Flüsse ist aber durchgängig ein sehr gewaltiger, und der gröfste derselben, der Mississippi, hat deswegen als Erbauer neuen Landes unter den Strömen der Erde kaum seinesgleichen. Sein Delta springt weiter als dasjenige irgend eines anderen Stromes hinaus in das Meer, und aufser an dessen weiterem Wachsthume arbeitet der „Vater der Gewässer“ durch seitliche Verführung seiner Sedimente auch an der Verbreiterung sämtlicher Nehrungen an der texanischen und alabamischen Küste. Sodann erhalten die losen Sand- und Schlickmassen, welche die Ströme an der offenen atlantischen Küste sowie an der Golfküste ablagern, auch durch ihre Lagerungsweise und durch ihre halbflüssige Natur ein viel höheres

[4]) Vergl. Seventh Annual Report of the U. S. Geological Survey (S. 347 ff.).
[5]) Vergl. Report of the U. S. Coast and Geodetic Survey 1889 (S. 459 ff.).

Digitized by Google

Mafs von Resistenzkraft, als sie an und für sich besitzen Dadurch, dafs sich ihre Schwemmkegel zum Meeresgrunde hinab ganz sanft abböschen, und dafs der Schwemmkegel des einen Flusses immer mit denjenigen seiner beiderseitigen Nachbarn auf das engste verwachsen ist, bricht sich eben die Kraft der Wogen in der Regel bereits ferne von dem bedrohten Strande; und gelingt es den letzteren zur Zeit einer Sturmfluth doch, eine tiefe Bresche in den Schwemmkegel sowie in die Dünenküste einzureifsen, so fliefsen die breiigen Massen des ersteren von den Seiten her infolge ihres hydrostatischen Druckes alsbald wieder herbei, und die Bresche schliefst sich, der normale Seewind aber thürmt von neuem Dünger auf. Dafs in den gewöhnlichen Zeiten an allen „Inlets", die in die Küsten-Lagunen hineinführen, die Tendenz des Wiederzuwachsens obwaltet, ist eine bekannte Thatsache, und aus diesem Grunde ist beinahe kein einziger derselben dauernd zur Durchfahrt für gröfsere Seeschiffe zu gebrauchen, wie denn der nordamerikanische Süden im Gegensatze zu dem Norden deshalb auch mit Seehäfen ersten Ranges sehr stiefmütterlich ausgestattet ist.

Ein weiterer Umstand, der dem Meere seine Zerstörungsarbeit entlang der hier in Frage stehenden südlichen Küstenstrecke Nordamerikas wesentlich erschwert, liegt darin, dafs die Dünenbildung daselbst in einem viel höheren Mafse erfolgt, als im Norden. Je weiter man an der Küste südlich geht, desto mehr tritt ja der Seewind als die vorherrschende Luftströmung auf, und besonders an der Ostseite von Florida sowie auch an der Ostseite von Texas und Mexiko häuft der Passatwind Dünenwälle von bedeutender Höhe und Mächtigkeit auf, ja er treibt den Flugsand dieser Dünen sogar vielfach weit hinein in das Binnenland, so dafs es kaum einem Zweifel unterliegen kann, dafs die mexikanischen Medanos ebenso wie die mittelfloridanischen Sandebenen und Sandhügelgegenden zu einem grofsen Theile hierdurch entstanden sind. In Virginia stofsen wir hie und da bereits auf Dünen von 30 m Höhe, und in Florida und Mexiko sind solche von 40 m Höhe nicht selten.

Endlich ist unter dem Einflusse der tropischen und halbtropischen Regen die Strandflora an den südlichen Küsten Nordamerikas eine aufserordentlich üppige, und das tiefgehende und weitverzweigte Wurzelwerk dieser Flora, das auf weiten Strecken ein eng verflochtenes Netz bildet, hält sowohl die Flufsalluvionen als auch den Dünensand in sehr wirksamer Weise zusammen, so dafs auch die wildesten Wogen, welche dagegen anstürmen, immer nur vergleichsweise geringfügige Stücke davon loszureifsen vermögen. Wer die

Digitized by Google

spärliche Dünen- und Marschenvegetation des europäischen und amerikanischen Nordens anzuschauen gewöhnt ist, der findet sich von den undurchdringlichen Palmetto- und Opuntiendickichten, die auf den floridanischen Dünen wuchern, wunderbar überrascht, und nicht minder auch von dem Wuchse der Taxodien und Mangroven in den tiefergelegenen Küstensümpfen dieser Gegend.

Die Küstenwehr, mit welcher der nordamerikanische Süden ausgestattet ist, steht also bei näherer Betrachtung derjenigen des Nordens an Stattlichkeit durchaus nicht sehr nach, und was die Aggression in dem Kampfe zwischen Land und Meer angeht, so erscheint der Süden dem Norden sogar weit überlegen. Die Muschelbänke, welche sich der Küste entlang ziehen, dienen dabei als eine Art wichtiger Vorwerke.

Die Höhe der Gezeiten ist an der offenen atlantischen Küste im Süden nicht beträchtlicher als im Norden, und an der Küste des mexikanischen Golfes ist sie sehr viel geringer.

Betrachtet man die Wirkungen der Meereserosion an der südlichen Küste im einzelnen, so ergiebt sich nichtsdestoweniger auch für sie eine schlimme Verlustliste auf Seiten des Landes. Auf weiten Strecken scheint die eifrige Bauthätigkeit der Ströme thatsächlich nur dazu zu dienen, dem Meere immer neue Beute zum Verschlingen zu liefern.

Als wahrhaft erschreckend erweist sich die fortschreitende Zerstörung des Landes durch die See namentlich an der Küste von New Jersey, wo in den vielbesuchten Sommerfrischen Long Branch, Asbury Park, Barneyat City, Atlantic City etc. beinahe kein Jahr vergeht, in dem nicht eine ganze Anzahl von Cottages samt dem Baugrunde, auf dem sie stehen, von den Wogen verschlungen würde, und wo die Vergleiche älterer und neuerer Küstenaufnahmen für Long Beach ein Zurückweichen des Landes um 5 m im Jahre, und für Kap May um 3 m ergeben. In der Gegend von Little Egg Harbour war allerdings auch an der Küste von New Jersey ein Wachsthum des Landes in die See zu verzeichnen, aber der betreffende Gewinn erscheint gegenüber den weiten Strecken, die im Verlaufe weniger Jahrzehnte verloren gegangen sind, als ein äufserst geringfügiger.

Aehnlich verheerend wie an der Küste von New Jersey treten die Brandungswogen der See auch an der Küste von Westflorida, Alabama, Mississippi, Louisiana und Texas auf, und auch hier dürfte die phänomenale Sedimentation des Mississippi möglicherweise nicht hinreichen, um die Verluste des Landes quitt zu machen. Am 10. August 1856 wurde hier die Insel Last Island vor der Mississippi-Mündung

Digitized by Google

samt der darauf befindlichen Sommerfrische und der Mehrzahl ihrer Bewohner und Besucher in einem einzigen Ansturme von der See verschlungen, die Insel Grand Terre und das auf ihr erbaute Fort unterliegt einer deutlich sichtbaren und rasch fortschreitenden Unterwaschung, der Stadt Pascagoula will es trotz umfassender Faschinenanlagen nicht gelingen, ein gleiches Schicksal von sich abzuwehren, Galveston, Indianola und zahlreiche andere Küstenplätze sehen sich fast bei jedem „Hurricane" auf das härteste von der Sturmfluth bedroht, Leuchtthurmreste und andere Bauten, die einst auf dem festen Lande errichtet wurden, ragen heute mitten aus dem Wasser heraus, und an hundert anderen Punkten, die praktisch weniger bedeutsam sind und daher nicht so aufmerksam beobachtet werden, deuten untergegangene Wiesen und Wälder die in jüngster Zeit vor sich gegangenen Zerstörungen an. Dafs der gröfste Theil des von dem Mississippi unmittelbar vor seinen Mündungen aufgeschütteten Schlamm- und Sandbodens ohne weiteres von dem Meere verschlungen und in die Tiefe hinabgerissen wird, läfst sich übrigens auch aus der schmächtigen Gestalt seines Deltas schliefsen, sowie aus der Thatsache, dafs dasselbe an seiner Aufsenseite allenthalben in Fetzen zerrissen erscheint. Und was die mehr oder minder rechtwinkelig zu dem allgemeinen Küstenverlaufe ins Land eingreifenden Buchten betrifft — die Bucht von Galveston, von Sabine, von Mobile, von Pensacola, von St. Marks, von Tampa, von Charlotte etc. —, so nehmen an der Zusammensetzung der Ufer derselben keineswegs allein recente geologische Bildungen theil, sondern an zahlreichen Punkten stehen ältere, der Tertiärzeit angehörige Bildungen zu Tage, auf denen jene jüngeren aufgelagert sind, und das Nagen und Wühlen der Meeresbrandung betrifft daselbst nicht blos die alluvialen Marschen und Dünen, sondern auch den anstehenden älteren Fels, um so mehr als derselbe in dem halbtropischen Klima allenthalben stark verwittert ist. Die Annahme, dafs es sich bei diesen Buchten um in Verlandung begriffene Meerestheile handle, erweist sich also bei näherem Hinschauen als eine durchaus irrige, und wenn irgendwo entlang der südlichen Küste, so erscheint gerade in ihnen das nasse Element als der siegreich Vordringende von den beiden Kämpfern.

Betreffs der Küstenstrecke zwischen dem Kap May und der Mündung des St. Johns River liegen wenig exakte Beobachtungen über die Wirkungen der Meereserosion vor, jedoch weist schon Lyell darauf hin, dafs die Cockspur-Insel, vor der Savannah-Mündung, sowie auch andere Theile der Küste in der Nachbarschaft, einer fortschreitenden Zerstörung durch die See unterliegen. Im Jahre 1846 wurde hier der

Digitized by Google

Hatteras-Inlet von der Sturmfluth in die Nehrung vor dem Pamplico-Sunde hineingerissen, und derselbe hat sich seither nicht wieder geschlossen; vor dem Altamaha-Flusse in Georgia sowie auch vor dem Little-River und bei der Wadmalaw-Insel in Südkarolina bemerkt man deutliche Spuren von untergegangenen Kiefern-, Eichen- und Cypressenwäldern; die Pflanzer dieser Gegend klagen über immer schlimmer werdende Salzwasser-Ueberfluthungen der auf den sogenannten Sea-Islands gelegenen Reisfelder, und die ganze Küste der Long Bay, zwischen Kap Fear und Kap Roman, ist im beständigen Zurückweichen begriffen. Und was die weiten Buchten der Delaware- und Chesapeake-Bay sowie auch den Albemarle-Sund und die inneren Theile des Pamplico-Sundes betrifft, so gilt von ihnen dasselbe wie von den Buchten an der nördlichen und östlichen Golfküste: der geologische Bau ihrer Umrandung zwingt zu dem Schlusse, dafs sie Thäler des Festlandes sind, in welche die See erst vor verhältnifsmäfsig kurzer Zeit eingedrungen ist — „ertrunkene Flüsse", wie man nicht unbezeichnend gesagt hat, nicht aber durch junge Landbildungen abgedämmte einstige Meerestheile.[6])

Angesichts der Thatsache, dafs auch in den innersten Winkeln des Pamplico-Sundes die Unterwaschung der miocänen und pliocänen Mergelschichten durch die Gezeiten in sehr lebhafter Weise vor sich geht,[7]) erscheint sogar die Frage gerechtfertigt, ob nicht die ausgedehnten Alluvionen der karolinischen und georgianischen Sea-Islands und „Swamps" im Grunde genommen ganz ephemere Bildungen seien und ob dieselben nicht im Laufe der Zeiten mit der älteren Grundlage, auf der sie ruhen, hinabsinken müssen in die Tiefe. Zu behaupten, dafs der Gewinn des Landes an der betreffenden Küstenstrecke ein unbestreitbarer und endgültiger sei, wäre wohl in jedem Falle voreilig.

[6]) Vergl. W. J. Mc. Gee, Encroachments of the Sea („Forum" 1890, S. 442).

[7]) Vergl. W. C. Kerrs Report of the Geological Survey of North Carolina, Vol. I, S. 200.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Ueber die gebirgsbildenden Kräfte.[1])

Von Dr. P. Schwahn.

Zwei Kräfte sind es vor allem, welche die stetigen Veränderungen der leblosen Welt bedingen, aus deren Wechselwirkung die Gestaltung der Erdoberfläche hervorgegangen ist: das Feuer und das Wasser.

Alle Kosmogonien sind von diesen Grundelementen ausgegangen, aber nicht immer hat man ihre Bethätigung an dem Aufbau alles Irdischen in gleichem Maſse gewürdigt.

Die griechischen Philosophen sahen ausschliefslich in dem einen oder andern Elemente den Urquell alles Werdens und Entstehens, und ihre Lehren fanden einen mächtigen Wiederhall in dem grofsen wissenschaftlichen Streite, der zwischen den Anhängern der vulkanistischen und neptunistischen Weltanschauung noch im vorigen Jahrhundert entbrannte.

Heute freilich hat die Wissenschaft diesen einseitigen Standpunkt längst aufgegeben und schreibt jedem dieser beiden mächtigen Agentien ein gleiches Verdienst an der Schöpfung alles Irdischen zu.

Wohl nirgends tritt uns die beständige Wechselwirkung zwischen der schaffenden Macht des Feuers und der nicht minder rastlos thätigen, vernichtenden Macht des rinnenden Tropfens deutlicher vor Augen, als bei Betrachtung jener gewaltigen Gebirgsmassen, welche die Oberfläche unseres Weltkörpers schmücken.

Einst, vor Aeonen von Jahren aus dem Schoofse der Erde entsprungen, waren die Gebirge unförmliche Modellblöcke, gigantische Schöpfungen einer erregten Unterwelt, die nichts mit der Schönheit ihrer heutigen Gestaltung gemein hatten. Erst der rinnende Tropfen hat sich betheiligen müssen, um die lieblichen Thäler, die schroffen Felsschluchten und schlanken Berggipfel zu schaffen, ähnlich wie unter dem Hammer und Meifsel des Künstlers aus dem Modellblock erst ein Bildwerk mit anmuthigen Formen hervorgeht.

[1]) Aus einem im Wissenschaftlichen Theater der Urania gehaltenen Vortrag.

Digitized by Google

Wo aber zwei gleich mächtige Naturkräfte sich entgegenarbeiten, ihre Schöpfungen vernichten und wieder ergänzen, da war auch dem ergründenden menschlichen Geiste kein unmittelbarer Maſsstab geboten, um die Wirkungssphäre der einen oder andern Kraft abschätzen zu können; und so erscheint es kaum wunderbar, daſs man in den ersten Zeiten der Erstehung einer wissenschaftlichen Geologie, in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, sich von der Allmacht des Wassers oder des Feuers bei Betrachtungen über die Aufrichtung der Gebirge nicht losmachen konnte.

Der groſse Meister, dem die wissenschaftliche Geologie ihr Bestehen verdankt, Gottlob Abraham Werner, vertrat noch den Standpunkt, die Gebirge seien lediglich das Erzeugnis des flieſsenden Wassers. Er muſste in strenger Konsequenz seiner neptunistischen Lehre annehmen, daſs das Wasser in den verschiedenen Abschnitten der Erdgeschichte in unerklärlicher Weise über die Festländer angestiegen sei, sich darüber hinweggewälzt habe und endlich wieder gesunken sei, und daſs alle Gebirge ihre Entstehung und Form lediglich der ausnagenden, ausspülenden Wirkung des Wassers verdanken, wie dies ja auch bei den Erosionsgebirgen, z. B. der sächsischen Schweiz, dem Heimathlande Werners, der Fall gewesen ist.

Im Gegensatze zu diesem schroffen Neptunismus Werners hatte sich dann später eine andere, fast ebenso extreme Auffassung unter den Erdkundigen verbreitet, welche der Eigenwärme unseres Weltkörpers und den geschmolzenen Massen der Tiefe einen überaus weitgehenden Einfluſs auf alle irdischen Vorgänge zuschrieb.

Die „Plutonisten“, die Anhänger dieser Richtung, sahen in dem Empordrängen feuerflüssiger Gesteine die Ursache der Gebirgsbildung, und es entwickelte sich, getragen von der Autorität der ersten wissenschaftlichen Namen, die Ansicht, daſs die Gebirge durch das Empordrängen von starren, halbstarren oder geschmolzenen Eruptivmassen aus den Tiefen der Erde oder selbst durch den Druck aufsteigender Dämpfe gegen die Erdrinde gebildet worden seien.

Es war dies die Zeit, wo die Erhebungstheorie der vulkanischen Krater, wie sie von Hutton, Leopold von Buch, Alexander von Humboldt und Elie de Beaumont ausgebildet wurde, im höchsten Ansehen stand. Aehnlich wie die Kraterwälle der Vulkane infolge einer blasen- oder kuppelförmigen Auftreibung des Erdreichs durch den Druck empordrängender Gluthmassen entstanden sein sollten, so dachte man auch, sei die Aufrichtung der Gebirgsketten durch eine von unten nach oben vordringende Masse erfolgt. Die Kettengebirge wurden als lineare

Digitized by Google

Erhebungen mit den Vulkanen als punktförmige Erhebungen verglichen. Dem vulkanischen Schlote entsprach hiernach beim Kettengebirge eine lange Spalte, die mit Graniten, Gneifsen und ähnlichen Eruptivgesteinen ausgefüllt sein sollte, und wo derartige Eruptivmassen nicht auffindbar waren, wie z. B. im Juragebirge, da glaubte man, dafs sie nicht zum Durchbruch an die Oberfläche gelangt seien, sicher aber in einiger Tiefe vorhanden wären.

Diese extreme Anwendung einer für bestimmte Fälle wohl zutreffenden Lehre trug selbst dazu bei, die Schatten des Zweifels über die ganze Theorie zu werfen und die Forschung auf andere Bahnen zu drängen. Die eingehende Untersuchung ergab wichtige Beweise gegen die vulkanische Erhebungslehre. Der Nachweis wurde geliefert und tausendmal bestätigt gefunden, dafs die Vulkane Aufschüttungskegel seien, dafs die Eruptivmassen wohl durch Spalten empordringen, nicht aber die Schichten der Erdrinde aufrichten können, und dafs die Hebung des Untergrundes eine Erscheinung ist, die niemals ein Gebirge nach Art der Kettengebirge zu bilden vermag. Denn wären in der That die Oberflächenformen unseres Weltkörpers durch eine von unten nach oben vordringende Masse, also durch vertikale Druckkräfte erzeugt, so müfsten ja in dieser Weise stets symmetrisch gebaute Gebirge entstehen, das heifst Gebirge, welche von ihrer Mittellinie aus nach beiden Seiten hin annähernd gleiche Schichtenfolge zeigen.

Von einer solchen Regelmäfsigkeit im Aufbau zeigen aber die meisten grofsen Kettengebirge, wie die Alpen, die Apenninen, das Juragebirge, die Alleghanies in Amerika keine Spur; sie weisen vielmehr deutlich darauf hin, dafs andere als vertikal wirkende Kräfte sich an ihrer Aufrichtung bethätigt haben müssen.

Dies möge genügen, um die Gründe verständlich zu machen, welche zur Aufgabe der alten plutonistischen Erhebungstheorie und der Durchbruchshypothese Anlafs gaben.

Als einen grofsen Fortschritt der neueren Wissenschaft gegenüber allen älteren Spekulationen mufs man zunächst die Sonderung der Formgebilde unserer Erdoberfläche betrachten. Denn wenn man auch im gewöhnlichen Sprachgebrauche unter einem Gebirge schlechtweg eine Gruppe mehr oder weniger schroffer Bodenerhebungen versteht, so schliefst doch eine solche Erklärung vom wissenschaftlichen Standpunkte aus sehr verschiedene Dinge in sich, die ihrer Entstehung nach nur sehr wenig oder garnichts mit einander zu thun haben. Nach ihrer Enstehung nämlich mufs der Geologe vier wesentlich verschiedene Gruppen von Erhebungsformen getrennt halten. Es sind dies:

Digitized by Google

1. die Faltungsgebirge und Massengebirge,
2. die Schollengebirge,
3. die Vulkane und Kuppengebirge,
   wozu endlich noch
4. die Plateaugebirge

kommen.[2])

Die Falten- oder Kettengebirge sind unstreitig die merkwürdigsten und vornehmsten Oberflächenformen unseres Weltkörpers und für die Erkenntnifs des Gebirgsbaus im allgemeinen auch die wichtigsten. Besonders durch Beobachtungen in dem grofsen Faltensystem der Alpen und der Ketten Nordamerikas entwickelte sich eine moderne Theorie ihres Aufbaus, deren mechanische Grundlagen hier kurz vorgeführt werden sollen.

Es ist hierzu nöthig, dafs zunächst eine Darstellung des inneren Gebirgsbaues gegeben wird. Der Gebirgsbau ergiebt sich aus der sorgfältigen Beobachtung geologischer Aufschlüsse. Solche geologischen Aufschlüsse gewährt jede Stelle, an der man das an der Zusammensetzung einer Gegend theilnehmende Gestein beobachten kann. Die Oberfläche des Bodens, wo sie nicht aus dicker Ackerkrume besteht, ein Graben, ein Steinbruch, die Seiten eines Flufsbettes, die Runsen und Tobel in Gebirgen, jeder anstehende Fels, und jedes an die Oberfläche kommende Schichtengestein, geben mehr oder weniger vollkommene Aufschlüsse, die uns über die innere Anordnung der Gesteinsschichten, über Verlauf und Beschaffenheit derselben unterrichten können.

Die Mehrzahl der Gesteine, welche ein Gebirge zusammensetzen, z. B. die Schieferthone, Sandsteine und Kalksteine gehören bekanntlich zu den Sedimentgesteinen, deren Wesen hauptsächlich darin besteht, dafs sie in Schichten abgelagert worden sind. Gebildet haben sich diese Sedimentärschichten aus den Niederschlägen der Urmeere, indem sie auf dem Grunde derselben allmählich zu festen Gesteinsbänken erhärteten.

Wenn man sich nun in einen Steinbruch begiebt, um die Lagerungsverhältnisse der Schichten zu studiren, z. B. nach den Rüdersdorfer Kalksteingruben, so findet man, dafs die Schichten stellenweise wagerecht liegen, stellenweise dagegen nach der Seite hin geschoben, aufgethürmt, zerknickt und zerquetscht worden sind. Ja in manchen Gegenden

[2]) Ein Schollengebirge ist z. B. die Gneisplatte des Erzgebirges; ein Kuppengebirge das Leitmeritzer Mittelgebirge in Böhmen, die Vulkane der Auvergne und der Eifel; ein Plateaugebirge das Quadersandstein-Gebirge Böhmens und Sachsens, die schwäbische Alp u. s. w.

Digitized by Google

findet man wohl Schichten, welche sich so aufgerichtet haben, dafs sie auf dem Kopfe stehen, wie eine Reihe Bücher auf einem Brette.

Da sie nun aus Sedimenten bestehen, die sich nur in einer flachen oder ganz sanft abfallenden Gegend ansammeln konnten, so erkennt man sofort, dafs diese Schichten sich nicht ursprünglich in einer solch verschobenen Lage befunden haben, sondern erst durch Kräfte, die sich in der Erdrinde bethätigten, in ihre jetzige Stellung gebracht worden sind.

Aehnliche Schichtenstörungen, nur in weit grofsartigerem Mafsstabe hervortretend, findet man in allen Gebirgen. Hier sind es die Faltungen, Knickungen und Verwerfungen, welche den inneren Bau derselben beherrschen.

Fig. 1. **Einfaches Experiment zur Erklärung des Faltenwurfes.**

Wie können nun aber die Kräfte beschaffen gewesen sein, welche so riesige Gesteinsschichten in Falten warfen?

Um dies zu zeigen, stelle man sich für einen Augenblick vor, die Erdrinde bestehe aus regelmäfsigen Gesteinslagen, etwa wie die Häute einer Zwiebel, wie dies ja auch bei der ursprünglichen Ablagerung der Schichten der Fall gewesen sein mufs.

Es werde nun, wie die Fig. 1 es zeigt, eine Anzahl verschieden gefärbter Tuchstoffe in viereckigen Stücken auf einen Tisch gelegt; sie sollen die verschiedenen Schichten der Erdrinde darstellen und ebenso wagerecht wie diese übereinander liegen. Wenn man nun die Tuchstreifen mit Hülfe zweier Bretter oder Bücher von beiden

Digitized by Google

Seiten zusammenprefst, wie dies in der Figur dargestellt ist, so beobachtet man sofort, dafs die Streifen in regelmäfsige Falten geworfen werden. Während der Bewegungen, durch welche die Schichten gehoben worden sind, sind in den Tüchern ähnliche Faltungen entstanden, wie man sie in einem Steinbruch oder in einer Bergschlucht wahrnimmt, dort wo das Wasser das Innere des Berges für das Auge blosgelegt hat. In dieser Weise hat man die Entstehung des Faltenwurfs durch ein einfaches Experiment klar zu legen versucht.[3])

Dergleichen Experimente sind natürlich auch in mehr vollkommener Weise in den Versuchsräumen der Geologen angestellt worden. Das Bild (Fig. 2) soll die Resultate eines hierauf bezüglichen Versuches veranschaulichen, welcher von dem kürzlich verstorbenen Genfer Geologen Alphonse Favre gemacht worden ist.

Favre bediente sich einer um ein Drittel ihrer Länge ausgezogenen Kautschukplatte (Fig. 2), auf welcher mehrere, durch verschie-

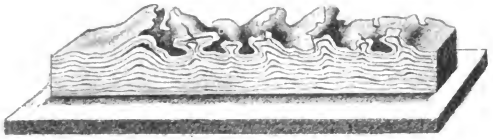


Fig. 2. **Experimentalversuch von A. Favre.**

dene Färbung unterscheidbare Schichten plastischen Thones ausgebreitet waren. Nun liefs er die ausgezogene Platte sich wiederum auf ihre ursprüngliche Form zusammenziehen. Die auflagernden Thonschichten wurden dadurch natürlich von zwei horizontal wirkenden Druckkräften zusammengedrängt, und eine Folge hiervon war die Aufthürmung eines kleinen Gebirgszuges, in dessen Profile sich ähnliche Faltungen und Zerberstungen erkennen liefsen, wie in den mächtigen Schichtenlagen der grofsen Kettengebirge unseres Erdballs.

In noch gröfserer Mannigfaltigkeit sind derartige Versuche von Daubrée, dem durch seine Experimente rühmlichst bekannten französischen Geologen, ausgeführt worden. Daubrée bediente sich unter anderem eines aufgeblähten Kautschukballons, der mit einer wenig

[3]) Den ersten Experimentalversuch über das wellenförmige Gebogensein der Gebirgsschichten machte der Engländer James Hall (vergl. Poggendorfs Annalen, Bd. 37, S. 273).

Digitized by Google

elastischen Hülle erhärteter Gelatine umgeben war. Die durch die Zusammenziehung des Ballons in der schrumpfenden Gelatine hervorgebrachten Erscheinungsformen trugen durchaus analogen Charakter mit den in Gebirgen beobachteten Faltungen; ja noch mehr, man konnte hinsichtlich der Vertheilung und Lage der Gebirgszüge auf einem solch kleinen, künstlichen Erdball einzelne interessante Gesetzmäfsigkeiten aufdecken, die sich auf dem Erdglobus im grofsen wiederfinden.

Was durch Vorführung dieser Experimente klargelegt wurde, das betrifft namentlich die Wirkungsweise der Kräfte, durch welche man sich die Oberflächenformen der Erde entstanden denken mufs.

Die ältere Anschauung, der zufolge ein von unten nach oben gerichteter Druck die Gebirge aufgethürmt haben soll, liefs eine Erklärung des Faltungsprozesses nicht zu; dagegen gelangt man zu einem genügenden Verständnifs dieser Erscheinungen, wenn man in der Erdrinde horizontal wirkende Druckkräfte, sogenannte Schubkräfte, als wirksam annimmt, die ein seitliches Zusammenpressen der Erdrindentheile, wie bei einer zwischen den Backen eines Schraubstockes eingezwängten Masse, herbeiführen.

Mit der Kenntnifs der Richtung dieser Kräfte wäre nun schon etwas gewonnen; allein ist es nun auch möglich, über den Ursprung derselben etwas Bestimmtes auszusagen?

Diese Frage soll uns sofort beschäftigen, doch sei vorher ein anderer Punkt berührt.

Ein Unterschied zwischen den gebogenen Tuchschichten, den Thon- oder Gelatineschichten und den in der Natur auftretenden Gesteinsschichten wird jedem sofort auffallen. Die einen sind weich und biegsam, während die andern hart und spröde sind. Man kennt ja kaum eine sprödere Substanz als das harte Gestein. Nach unserer Vorstellung müfste dasselbe wohl in Millionen Scherben und Splitter zermalmt worden sein, ehe es auch nur die geringste Biegung erlitten hätte.

Man könnte wohl vermuthen, dafs die Biegungen zu einer Zeit vor sich gegangen seien, wo das Gestein noch unter der Macht des Feuers gestanden hatte, wo es noch nicht ganz so fest und erhärtet wie jetzt gewesen ist. Allein, wie wäre es unter solchen Umständen denkbar, dafs sich im Thonschiefer gefältelte und gestreckte Versteinerungen zeigen? Wie könnten sich solche Versteinerungen in der Gluthhitze erhalten haben? Diese Schwierigkeiten führten zu der erst neuerdings, namentlich von dem Schweizer Geologen Prof. Albert Heim ausgesprochenen Meinung, dafs die bei gewöhnlichen Verhält-

Digitized by Google

nissen an der Erdoberfläche starren Gesteine unter dem Druck eines etwa 3000 m auflastenden Schichtenmaterials in einen plastischen Zustand übergehen, und dann ohne Bruch gebogen werden könnten.[4])

Zweifellos hat dieser Gedanke vieles für sich, was ihn richtig und annehmbar erscheinen läfst. So fand man Stücke von Thonschiefer und Jurakalk vor (Fig. 3), welche einen zerrissenen, fast auf das dreifache seiner ursprünglichen Länge auseinandergezerrten, versteinerten Belemniten einschliefsen.

Ein sonst ganz gleichartig erscheinendes Gestein verräth also durch diesen organischen Einschlufs eine ganz bedeutende Streckung, was doch wohl nur durch einen gewissen Grad von Plastizität selbst der sprödesten Gesteinsmassen Erklärung finden dürfte.

Ueberhaupt ist man bezüglich der Plastizität und Nachgiebigkeit selbst der festesten Materialien zu ganz erstaunlichen Ergebnissen

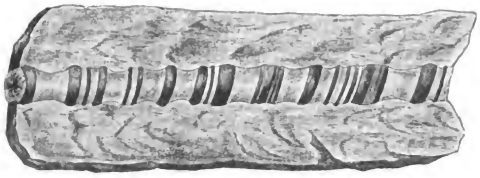


Fig. 3. Gestreckter Belemnit im Jurakalk.

gelangt, seit die Herstellung aufserordentlich grofser Druckkräfte dank der vorgeschrittenen Technik keine Schwierigkeiten mehr macht. Es sei nur erwähnt, dafs französische und deutsche Physiker gezeigt haben, wie unter Aufwendung von besonders starken Druckkräften alle Metalle plastisch werden und in den Zustand des Fliefsens gerathen; bei Gesteinen freilich konnte man dies noch nicht so unmittelbar nachweisen.[5]) Jedenfalls ist es aber nicht ausgeschlossen, dafs eine

[4]) A. Heim „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung". Basel 1878. Und von demselben Verfasser: „Ueber Stauung und Faltung der Erdrinde". Basel 1878.

[5]) Die Untersuchungen von Treska und Kohlrausch über das Fliefsen der Metalle unter starkem Druck sind in allerjüngster Zeit auch von Kick auf spröde Mineralien, wie Gips, Steinsalz, Kalk u. s. w. ausgedehnt worden. Bei gehörig gesteigertem Druck konnten auch diese Substanzen zum Fliefsen gebracht werden, zeigten sich also vollkommen plastisch im Sinne Heims.

Das Mannesmannsche Walzverfahren zeigt übrigens, wie es möglich ist, Metalle allein durch Druck ohne Schmelzung bruchlos in beliebige Formen zu bringen.

Digitized by Google

Art Metamorphismus, eine chemische Umwandlung der Gesteine unter starkem Druck eintreten kann, die alle diese merkwürdigen Erscheinungen erklärt.

Vielleicht spielt sich in den Tiefen des Erdbodens ein ähnlicher Vorgang ab, wie in den Eismassen der Gletscher, die bekanntlich in unzählig viele Theilchen durch den enormen Druck der nachdrängenden Massen zersplittert werden, in diesem zersplitterten Zustande sich jeder Formwandlung unterziehen können, bis sie endlich wieder durch eine Molekulareigenschaft des Eises zur „Regelation", d. h. zur Wiedervereinigung zu einem kompakten Ganzen, gelangen.[6])

Manches deutet auf eine solche Eigenthümlichkeit der festen Gesteinsmassen hin.

So hat unter andern Prof. v. Gümbel Proben der stärkst gebogenen Stellen aus scheinbar ganz bruchlos gefalteten Gesteinen unter dem Mikroskop untersucht und gefunden, dafs diese Stücke, welche dem freien Auge ganz unzerbrochen erscheinen, bei starker Vergröfserung sich als zu feinem Staub zermalmt und dann wiederum durch sekundäre Prozesse — etwa durch sinternde Wasser — verkittet und ausgeheilt erweisen.

Die endgültige Entscheidung der Frage nach dem physischen Zustande der Gesteine in grofsen Tiefen — mag diese nun auch der Zukunft vorbehalten bleiben — kann übrigens an der Erkenntnifs, dafs die mächtigsten Gebirgszüge der Erde durch Faltenstauung entstanden seien, nicht viel ändern.

Wie immer sich noch diese auffällige Erscheinung erklären mag, so viel ist jedenfalls durch unwiderlegliche Beobachtungen festgestellt, dafs das sprödeste Gestein (Fig. 4) — wie Thonschiefer und Feuerstein — der weitgehendsten Faltung unterworfen gewesen ist.

So sieht man also, dafs bei der Aufrichtung der Gebirgsketten nur eine Zusammenschiebung der oberen Erdrindentheile im horizontalen Sinne denkbar ist, die infolge seitlichen Drucks die Schichtmassen in Falten zu legen vermochte. Es fragte sich nun, wo man die Quelle solcher enormen Druckkräfte zu suchen hat?

Vor der Behandlung dieses Gegenstandes sei es gestattet, daran zu erinnern, dafs die Erscheinungen der Gebirgsbildung, so grofsartig sie

[6]) Siehe den Aufsatz v. Dr. Stapff: „Gebogener Marmorpfosten der Alhambra zu Granada". Himmel und Erde, Jahrg. III, S. 328. Ueber die Verfestigungsfähigkeit loser Körper durch Druck hat neuerdings Spring Versuche angestellt. Pulver verschiedener Materialien, z. B. Wismutpulver, konnte allein durch Druck in einen homogenen Wismutblock von reinstem Metallglanz umgeformt werden, ein gewifs sehr merkwürdiges Ergebnifs.

Digitized by Google

sich auch dem Mafsstabe unserer Sinne darstellen, doch in Wahrheit äufserst geringfügig sind im Vergleich zur Gesamtmasse der Erde. Da der Erddurchmesser ungefähr 12 700 km beträgt, so erreicht der höchste Berg unseres Globus, der 8840 m hohe Gaurisankar nur den 1440-sten Theil desselben, der Mont-Blanc nur den 2630-sten Theil. Es sind dies also Auftreibungen der Erdoberfläche, die noch lange nicht so bedeutend sind, wie die Runzeln auf der Schale einer Orange. Ferner mufs man beachten, dafs die Gebirgsfaltung ein Vorgang ist, der nur die oberflächlichen Partien der Erdrinde betrifft.

Um nun diesen Faltungsprozefs verständlich zu machen, ist man von der Vorstellung ausgegangen, dafs der Erdkern sich zusammen-

Fig. 4. **Fältelung in einem Handstück von Dolomit.**

ziehe, die äufseren Rindentheile unseres Weltkörpers dagegen annähernd ihre alte Ausdehnung behalten und sich nur infolge ihrer Schwere dem verminderten Volumen ihrer Unterlage anpassen müssen. Es ist ja bekannt, dafs in jedem Querschnitte eines Gewölbes ein horizontaler Schub vorhanden ist, und dafs ein mächtiger Seitendruck auf den Pfeilern lastet, obwohl nur die senkrecht wirkende Last der Gewölbesteine zu tragen ist. Aehnlich, nimmt man an, liege es auch bei der Erde. Ihre Rinde mufs sich einst wie ein geschlossenes Gewölbe verhalten haben, und da das nach dem Mittelpunkt hin wirkende Gewicht dieses Gewölbes in einen seitlichen Horizontaldruck umgesetzt wurde, so mufste hierdurch an den schwächsten Rindenstellen ein Auswärts-

Digitized by Google

weichen in Form einer Falte eintreten, das heifst, es mufste ein Gebirgszug geschaffen werden.

Man braucht also, um die Faltungsvorgänge zu erklären, keine andere Kraft als die Schwere, wenn sich nur ein Grund dafür geltend machen läfst, dafs den oberflächlichen Partien der Erde die Unterlage entzogen wird, kurz, dafs der Erdkern im Schwinden begriffen ist.

Als physikalische Ursache dieses Schwindens wird nun die allmähliche Zusammenziehung des Erdkerns infolge der Abkühlung unseres Weltkörpers herangezogen. Unser Weltkörper stellt bekanntlich ein grofsartiges Wärmereservoir dar, und die in seinem Innern aufgespeicherte Wärmemenge ist wahrscheinlich eine Folge der ungeheuren Verdichtung, welcher im Urzustande einstmals die kosmischen Nebelwolken unterlagen, als sie sich zu Himmelskörpern zusammenballten. Von diesem eigenthümlichen Wärmeschatz des Erdinnern legt ja auch die allerorten gemachte Erfahrung der stetigen Temperatursteigerung nach der Tiefe Zeugnifs ab.

Nun ist aber unser Erdball von dem kalten Weltenraume umgeben. Es mufs daher auch ein unablässiger Verlust von Eigenwärme durch Ausstrahlung stattfinden. Jeder Vulkanausbruch, jede heifse Quelle raubt einen Theil dieser Wärme, der wiederum aus den tieferen, glühendheifsen Lagen hergegeben werden mufs.

Unter diesen Umständen kann wohl kein Zweifel obwalten, dafs in der Tiefe durch Verlust von Eigenwärme eine Zusammenziehung, ein Schwinden des Erdkerns stattfindet — wie dies ja bei einem jeden sich abkühlenden Körper der Fall ist —, während in den oberen Regionen die Temperatur und somit auch das Volumen sich gleich bleibt.

Diese Ansicht, dafs namentlich die Zusammenziehung unseres Weltkörpers infolge von Säkularabkühlung die Ursache der gebirgsbildenden Kräfte darstelle, ist in neuerer Zeit von hervorragenden Geologen, wie Dana, Heim, v. Mojsisovics Suefs und anderen vertreten worden, sie hat auch erst kürzlich eine ausgezeichnete Stütze erhalten durch die mathematische Analyse der Wärmevertheilung im Erdball, die wir den englischen Geophysikern Thomson, Darwin und Davison verdanken.[7])

[7]) Vergl den Aufsatz: „Zur Theorie der Gebirgskettenbildung infolge der Säcular-Abkühlung der Erde", Himmel und Erde, Jahrg. I, S. 370. Man möchte wohl glauben, dafs die äufsersten Schichten des Erdballs sich stärker abkühlen müfsten als der innere Kern. Allein dies ist nicht der Fall; auf Grund der Thomsonschen Formel für die Säkularabkühlung der Erde kann man nämlich streng beweisen, dafs die Schicht der gröfsten Abkühlung nicht

Digitized by Google

Bis jetzt wurde nur von den Faltungen gesprochen und deren Ursachen darzulegen versucht. An den Punkten, wo die Erdrinde nur Falten schlug, müssen die unterirdischen Kräfte verhältnifsmäfsig ruhig gewirkt haben. Aber es giebt auch Stellen — es sind dies vielleicht die schwächsten der Erdrinde —, wo sich die gebirgsbildenden Kräfte in grofsartigem Mafsstabe ausgetobt haben und neben der Faltung noch eine andere Gruppe geologischer Erscheinungen, nämlich die „Verwerfungen" schufen. Man versteht hierunter einen gewaltigen Bruch der Erdrinde, zu dessen beiden Seiten sich die Rindentheile verschoben haben, wo also die Schichtenfolge nicht stetig, sondern ganz plötzlich unterbrochen wird.

Man geht im Gebirge über eine solche Spalte oft unbewufst hinweg, weil sie, mit Humus oder mit Schutttrümmern bedeckt, sich der Wahrnehmung entzieht. Doch mag es wunderbar erscheinen, dafs sich unter dem Boden Deutschlands Brüche vorfinden, wo die Verrückung der beiderseitigen Erdschollen oft mehrere Kilometer erreicht. Mit Recht kann der Geologe daher behaupten, dafs sich unsere Erde in einem wahren Zustande der Zerstückelung befinde, und eine gewisse Furcht mufs uns befallen, dafs wir auf einem Boden wandeln, der allerorten das Zeugnifs seiner Schwäche kundgiebt.

Auch diese Verwerfungen sind ein sehr wesentliches Moment bei der Aufrichtung von Gebirgen gewesen. Ihnen verdanken die sogenannten Schollengebirge ihre Existenz, wie z. B. hier in Deutschland der Schwarzwald und die Vogesen. Der Schwarzwald und die Vogesen sind lediglich stehen gebliebene Pfeiler, sogenannte Horste, die sich in ursprünglicher Lage erhalten haben, während alles Uebrige in der Umgebung an den Bruchstellen in die Tiefe gesunken ist.

Nun aber soll eine Frage berührt werden, die vielleicht am meisten interessiren dürfte, nämlich die Frage, ob auch jetzt noch die Kräfte thätig sind, welche in der Vorzeit Gebirge aufgethürmt haben.

Ueber ein derartiges Ereignifs liegen allerdings historisch verbürgte Nachrichten nicht vor; keine Gebirgskette ist in nachtertiärer Zeit entstanden. Andererseits wissen wir aber, dafs unser Erdball noch jetzt Wärme in den kalten Weltenraum aussendet, und wo die Ursachen fortdauern, da müssen ja auch die Wirkungen die nämlichen sein.

Man mufs deshalb sehr wohl annehmen, dafs die Faltenbildung der Erdrinde noch jetzt im Fortgange begriffen ist, und es würden sich auch

an der Oberfläche, sondern in einer gewissen Tiefe unter derselben liegen mufs, wie dies die Faltungstheorie verlangt.

Digitized by Google

sicher die langsam fortschreitenden Bewegungen der Berge nachweisen lassen, wenn man vielleicht in zahlreichen Gebieten mit grofsartigen Mitteln etwa alle hundert Jahre ein eigens hierzu bestimmtes Präzisionsnivellement und aufserdem Entfernungsmessungen zwischen den einzelnen Berggipfeln der Alpen vornehmen würde.

Anzeichen solcher Aenderungen liegen bereits vor. Prof. Heim berichtet, dafs man auf Grund von Messungen berechtigt ist, anzunehmen, gewisse Berghöhen der Schweiz hätten sich im Verlaufe der letzten fünfzig Jahre um einen Meter gegen einander verschoben.[8])

Die dichterische Idee der „ewigen Berge" ist demnach sicherlich aufzugeben; wir müssen an ihre Stelle die Vorstellung wandernder Berge setzen. Und dafs die Berge wirklich entstehen, wirklich wandern, davon überzeugt uns ja auch ein Naturereignifs von elementarer Gewalt, nämlich das „Erdbeben".

Die Erdbeben sind nach allem, was die moderne Wissenschaft ergründen konnte, nichts anderes, als die zeitweisen Aeufserungen der noch fortdauernden gebirgsbildenden Kräfte.

Es wird auch wohl niemand daran zweifeln, dafs die Spalten und Sprünge im Erdreich bei Erdbeben unter der Wirkung einer gewaltigen, die Gesteine zerreifsenden Kraft entstehen, dafs die fortschreitende Faltung der Gesteinsschichten mit einer Erschütterung des Bodens verbunden sein mufs.

Mögen auch die gebirgsbildenden Kräfte stetige sein, so wird sich doch eine gewisse Spannung in der Erdrinde ansammeln, bis die Widerstände, welche momentan der weiteren Verschiebung und Faltung der Erdschollen entgegenstehen, überwunden werden. Alle solche Massenbewegungen werden demnach ruckweise vor sich gehen und als fühlbare Spuren ihrer Thätigkeit Erdbeben erzeugen.[9])

Und so ist es denn auch keine zufällige Erscheinung, dafs die

[8]) In einem gegen Falb gerichteten Artikel „Zur Prophezeihung der Erdbeben" (Vierteljahresschrift d. Nat. Ges. in Zürich XXXII) berichtet Prof. Heim, dafs die Lägern dem Rigi und Napf in dem Zeitraum von etwas über 30 Jahren, welcher zwischen der ersten genauen Messung dieses Dreiecks und der späteren Revision derselben lag, um ca. einen Meter näher gerückt sei. Diese Verschiebungen können in den Beobachtungs- und Rechnungsfehlern durchaus nicht ihre Erklärung finden, sondern sind Folgen des noch fortdauernden Stauungsprozesses der Alpen, der sich durch zahlreiche Erdbebenstöfse daselbst kund giebt.

[9]) Bei der Auslösung bestehender Spannungen in der Erdrinde mag immerhin die Mond- und Sonnenanziehung, namentlich wenn sie sich bei den Sonnenfinsternissen verstärkt, eine Rolle spielen. Falb behauptet indessen ganz etwas anderes mit seiner magmatischen Erdbebentheorie.

Digitized by Google

Erdbeben in Italien und der Schweiz zu den häufigsten Vorkommnissen gehören. Dort befinden sich eben die jüngsten Gebirgsketten Europas, die Alpen und Apenninen, deren Entwicklung noch lange nicht zum Abschlufs gelangt ist. Dringt man dagegen abwärts unter die mächtige Diluvialdecke unseres norddeutschen Flachlandes, so trifft man wohl auch hier auf gewaltige Gebirgsfalten, aber die Neigung zur Fortentwicklung ist bei ihnen längst erloschen, und dies gewährt uns hier in unserem Lande das Gefühl weitgehendster Sicherheit.

Es sei noch einmal ausdrücklich betont, dafs die Mehrzahl aller Erdbeben sogenannte „tektonische“ Beben d. h. Begleiterscheinungen der Gebirgsbildung, und in dem Bau der Erdrinde begründet sind. Wohl giebt es in der Nähe der thätigen Vulkane auch solche Erschütterungen, die durch den Anprall glühender Laven oder hochgespannter Dämpfe gegen die Erdrinde entstehen, aber das Auftreten dieser vulkanischen Beben ist nur vereinzelt und auf die nächste Umgebung der Feuerberge beschränkt.

Dies möge genügen, um in die Anschauungen einzuweihen, welche in der Geologie heutzutage bezüglich der Entstehung der Oberflächengebilde unserer Erde Gültigkeit haben.

Aber noch eins bleibt zu erwähnen. Die Faltenstauung ist nur der erste Akt in dem grofsen Drama der Gebirgsbildung. Sie schafft uns nur den Modellblock zu den schlanken Bergen, deren anmuthige Formen unser Auge erfreuen. Der Meifsel, welcher diese Formen ausgehöhlt hat, ist zu suchen in der furchenden und ausnagenden Thätigkeit des Wassers, in dem Prozesse der Erosion und in demjenigen der Verwitterung oder Denudation. Diese beiden mächtigen Agenzien schufen erst die Einzelheiten, die Kämme, Gräten und Zinnen, sie schufen die Thäler und Schluchten nach eigenen Gesetzen in langsamer, aber rastloser Arbeit aus dem aufgestauten Rohmaterial, das die Gewalt des Feuers aus dem Schoofse der Erde emporgedrängt hatte.

Wie die Gebirge sich jetzt zeigen, sind sie nur noch Ruinen. Die Alpen sind, das kann man zuverlässig aus dem Verlauf ihrer Falten erkennen, schon um die Hälfte ihrer ursprünglichen Höhe durch den rinnenden Tropfen herabgeschleift worden.

Der letzte Akt der Gebirgsbildung kann nur angedeutet werden. Er verläuft still und unvermerkt in den Niederungen der Ströme, auf dem Grund der Binnenseeen und in den Tiefen der Meere. Dort

Digitized by Google

schliefsen die Gipfel der stolzen Bergriesen als Sand und Schlamm ihr Dasein, um im Laufe der Jahrtausende zu festen Gesteinsbänken zu erhärten und vielleicht nach Jahrhunderttausenden als Festland und mächtige Gebirge durch neue Hebung und Faltung wiederzuerstehen, wenn die schwindende Wärmeenergie des Erdballs noch einmal so tiefgreifende Umwälzungen gestattet, wie sie im Jugendalter unseres Weltkörpers vor sich gegangen sein müssen.

Digitized by Google

Die Astronomie des Unsichtbaren.

Von Dr. J. Scheiner,
Astronom am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam.

(Schluſs.)

Das 4-fache Sternsystem ζ Cancri.

Wir haben im vorigen Abschnitte die Gravitationsverhältnisse in einem einfachen Doppelsternsysteme kennen gelernt, wo beide Komponenten, gleichgültig, ob sie sichtbar sind oder nicht, ihre Bewegung ganz genau nach dem Kepplerschen Gesetze ausführen. Im ersten Abschnitte hatten wir dagegen den viel komplizirteren Fall von mehreren aufeinander einwirkenden Körpern vor uns, der indessen dadurch wieder vereinfacht war, dafs einer der Körper, die Sonne, eine ganz überwiegende Masse besitzt und daher die Bewegungen der übrigen Körper im wesentlichen allein regelt, deren Anziehung untereinander wieder nur Bewegungen niedrigerer Ordnung, die sogenannten Störungen, bewirkt. Ganz anders liegt die Sache, wenn drei oder mehr Körper von nahe gleichen Massen ein System bilden: Das Dreikörperproblem ist bekanntlich noch nicht gelöst, und es vermag bis jetzt noch kein Mathematiker auch nur annähernd anzugeben, in welchen Bahnen sich die drei Körper bewegen müssen. Die Natur hat allerdings dies Problem längst gelöst, denn es existiren am Himmel eine ganze Reihe von drei- und mehrfachen Sternen, deren Bewegungen um einander man bei einzelnen dieser Objekte sehr gut beobachten kann.

Eines der interessantesten dieser Klasse ist das optisch dreifache System ζ Cancri, besonders interessant, weil die Bewegungen innerhalb desselben verhältnifsmäfsig schnell vor sich gehen, so dafs in den nächsten Jahrhunderten wenigstens eine vollständige Bewegungsphase sich abspielt.

Das Sternsystem ζ Cancri läfst drei Komponenten erkennen, A, B und C, von nahe gleicher Helligkeit. Die Distanz von A und B beträgt im Mittel etwa 0″8, sie beschreiben in ungefähr 60 Jahren einen Umlauf um einander. Der Stern C befindet sich von den beiden

Digitized by Google

in einem Abstande von $5^1/_2{}''$ und hat seit der 1781 durch W. Herschel erfolgten Entdeckung des Systems erst etwa $^1/_6$ seines Umlaufs vollendet, der ungefähr 600 bis 700 Jahre dauern wird. Seeliger hat sich in neuerer Zeit sehr ausführlich mit diesem System beschäftigt und ist hierbei zu mehreren sehr interessanten Resultaten gelangt. Zunächst hat sich gezeigt, dafs die Bewegungen von A und B sich noch ziemlich gut durch eine Keplersche Ellipse darstellen lassen, und dafs es vorläufig noch genügt, die Einwirkung des Sterns C auf die Bahnen von A und B als Störungen zu betrachten und nach den üblichen, entsprechend modifizirten Methoden zu berechnen. Dieser eigenthümliche Umstand rührt wesentlich von dem grofsen Abstande des dritten Sternes und seiner verhältnifsmäfsig langsamen Bewegung her, und es ist keine Frage, dafs allmählich der Zeitpunkt kommen wird, wo die Ellipse nicht mehr als Annäherung ausreicht, und wo die wahren Bahnen des Dreikörperproblems alsdann zum Vorschein kommen werden. Schwierigkeiten anderer Art bot aber die Bewegung von C um A und B; während sie sich im allgemeinen noch durch eine Kreisbahn darstellen läfst, treten kleine Schwankungen dieser Bewegung auf, die schon Otto Struve vor mehreren Jahren aufgefallen waren. Struve erkannte auch schon, dafs diese Schwankungen sich durch die Annahme darstellen liefsen, dafs der Stern C während seines Umlaufs um A und B eine kleine Bahn in 18 Jahren um einen wenige Zehntelsekunden abstehenden Punkt beschreibe. Die Seeligerschen Untersuchungen haben dieses interessante Phänomen durchaus bestätigt und keinen Zweifel an der Realität desselben übrig gelassen. Es konnte sich aber immer noch fragen, ob diese geometrische Erklärung der Bahnabweichungen von C auch wirklich die naheliegende Deutung, dafs C ein enger Doppelstern von 18 Jahren Umlaufszeit, und dafs dessen eine Komponente dunkel sei, erfahren dürfe. Bei der gänzlichen Unwissenheit über die wahren Bewegungen nach dem Dreikörperproblem läfst sich nämlich nicht ohne weiteres der Gedanke zurückweisen, dafs die periodischen Anomalien der Bewegung von C vielleicht durch Störungen von A und B hervorgerufen seien. Es ist indessen Seeliger gelungen, diese letzte Deutung mit aller Bestimmtheit zurückweisen zu können, und so stehen wir denn vor der Thatsache, dafs ζ Cancri ein vierfaches Sternsystem ist, dessen vierter Stern sich dem Auge nur indirekt durch seine Anziehung auf C verräth.[1])

[1]) Vergl. Himmel und Erde, III, S. 122.

Digitized by Google

Die Entdeckung des dunklen Algolbegleiters.

Der Stern Algol im Perseus wurde im Jahre 1667 von Montanari als veränderlich erkannt, nachdem im Jahre 1596 Mira Ceti, der wunderbare Stern im Walfisch, von Fabricius als erster Veränderlicher entdeckt worden war. Es mufsten aber mehr als 100 Jahre darüber hingehen, ehe der wesentliche Unterschied in der Art des Lichtwechsels dieser beiden Sterne erkannt wurde; erst Goodricke fand im Jahre 1782, dafs der Lichtwechsel Algols aufserordentlich regelmäfsig sei gegenüber dem von Mira Ceti. Von der Zeit an sind bis heute die Veränderungen der Helligkeit des Sterns äufserst sorgfältig untersucht worden, speziell von Argelander und Schönfeld, und es hat sich herausgestellt, dafs die Maximalhelligkeit Algols 2 Tage $11^1/_2$ Stunden anhält, um dann in $4^1/_2$ Stunden bis zu einem Minimum herabzusinken und in weitern $4^1/_2$ Stunden wieder zur vollen Stärke anzuschwellen. Noch mehrere andere Sterne sind im Laufe der Zeit gefunden worden, deren Lichtwechsel dieselben typischen Eigenschaften wie Algol besitzt. Die Zahl der Sterne vom Algoltypus beträgt jetzt 8.

Es ist klar, dafs ein so eigenthümlicher Verlauf des Lichtwechsels zu den mannigfaltigsten Erklärungsversuchen verlocken mufste, von denen aber nur zwei hier erwähnt werden sollen. Zunächst lag es nahe, an eine Rotation eines Sternes zu denken, dessen Oberfläche an einer Stelle mit dunklen Flecken, etwa analog unseren Sonnenflecken, besetzt war. Diese Annahme bereitete indessen zunächst insofern Schwierigkeiten, als die Kürze der Verdunkelung gegenüber der Zeitdauer der Lichtkonstanz nicht recht damit in Einklang zu bringen war; sie mufste ganz fallen, als das Spektroskop zeigte, dafs Algol (wie sämtliche übrigen Sterne des Algoltypus) der ersten Spektralklasse angehört, d. h. dafs er sich noch im ersten Entwickelungsstadium befindet, im Zustande einer ungeheuren Glühhitze, in welchem an die Bildung von Abkühlungsprodukten, wie auf der Sonne, noch gar nicht zu denken ist.

Als die plausibelste Annahme erschien demnach, den Algol als engen Doppelstern aufzufassen, dessen eine Komponente dunkel sei. Die Umlaufszeit der beiden Körper um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt mufste dann gleich der Periode des Lichtwechsels, 2 Tage 21 Stunden, sein, und ihre Bahnebene sich nahe in der Gesichtslinie befinden, so dafs beim Vorübergange des dunklen Körpers jedesmal eine Bedeckung des hellen, eine regelrechte Verfinsterung, stattfand. Aus den Daten des Lichtwechsels lassen sich leicht die wichtigsten

Digitized by Google

Elemente der Bahn dieses Doppelsternsystems berechnen — auf welche Weise dies geschehen kann, werden wir später sehen —, und so hat Pickering z. B. thatsächlich bereits vor längeren Jahren eine solche Berechnung veröffentlicht.

Aber auch dieser Erklärung stellten sich gewaltige Schwierigkeiten entgegen, indem sich nämlich die Distanz der beiden Körper als so gering ergiebt, dafs man nicht glaubte, ein solches System als stabil betrachten zu können. So stand bis noch vor wenigen Jahren die Frage offen, welcher Ansicht man zuneigen sollte.

Das Räthselhafte der Erscheinung durch das Fernrohr aufzulösen, mufste a priori als unmöglich zurückgewiesen werden, denn bei der geringen Distanz, welche unter der Annahme eines Doppelsternsystems für die beiden Körper resultirte, mufste, selbst wenn der „dunkle" Körper nicht vollständig dunkel war, sondern seiner Helligkeit nach noch hätte erblickt werden können, die scheinbare Distanz am Himmel verschwindend klein sein. Sie konnte unter den günstigsten Umständen nicht viel über den hundertsten Theil einer Bogensekunde betragen, und derartige Distanzen können selbst in den Riesenrefraktoren der Neuzeit noch lange nicht aufgelöst werden. Dagegen tauchte bald nach der Anwendung des Spektroskops auf die Himmelskörper der Gedanke auf, die Frage nach der Doppelsternnatur Algols durch Benutzung des Dopplerschen Prinzips zu entscheiden. Wenn Algol sich um einen aufserhalb gelegenen Schwerpunkt in einer Bahn bewegt, so mufste im Laufe des Lichtwechsels seine Bahngeschwindigkeit in der Gesichtslinie wechseln, und diese Aenderung der Geschwindigkeit mufste im Spektroskope als wechselnde Verschiebung der Spektrallinie des Algol zu Tage treten. Im Hinblick auf eine im 1. Jahrgang dieser Zeitschrift vom Verfasser gegebene ausführliche Darlegung dieser Methode mufs dieselbe hier als bekannt vorausgesetzt werden, ein Nachlesen des erwähnten Artikels wird gewifs zum Verständnifs des Folgenden genügen.

Im Jahre 1873 hat H. C. Vogel, damals noch in Bothkamp, thatsächlich das Spektroskop zur Lösung dieser Frage auf Algol angewendet, den damaligen unzureichenden Hülfsmitteln entsprechend jedoch ohne positive Resultate, es liefs sich nur konstatiren, dafs Algol keine auffallend grofse Bewegung besafs. Ebenso ergebnifslos sind die seit dieser Zeit in Greenwich angestellten Versuche geblieben.

Die aufserordentliche Vermehrung der Genauigkeit in der Messung der Linienverschiebung, welche durch die im Jahre 1888 zum ersten Male angewandte spektrographische Methode erzielt wurde, legte den

Digitized by Google

Gedanken nahe, dafs nunmehr mit berechtigter Hoffnung auf Erfolg diese Methode beim Algolproblem in Benutzung zu nehmen sein könnte, und die hierauf sich beziehenden Untersuchungen hatten allerdings das Ergebnifs, dafs am 28. November 1889 der Berliner Akademie der Wissenschaften der definitive Beweis der Doppelsternnatur Algols durch H. C. Vogel und den Verfasser dieses vorgelegt werden konnte, nebst den Bahnelementen dieses interessanten Gestirns.

Weitere bis zum vorigen Jahre fortgesetzte Beobachtungen bestätigten immer mehr die Richtigkeit der gefundenen numerischen Werthe, und heute ist die Duplizität Algols eines der am sichersten bewiesenen, nicht direkt wahrnehmbaren himmlischen Phänomene.

Es dürfte nunmehr aber geboten sein, den Leser über die Art der Entdeckung der Duplizität und über die Berechnung der Bahnelemente näher aufzuklären.

Durch die Bewegung einer Lichtquelle oder auch des Beobachters in der Gesichtslinie, wird die Brechbarkeit des Lichtes und damit seine Ablenkung durch das Prisma geändert, und diese Ablenkung der Lichtstrahlen dokumentirt sich im Spektroskope durch eine Veränderung der Lage der Spektrallinie, welche die betreffende Lichtquelle (Stern) im Spektrum erzeugt, gegen die Lage der entsprechenden Linie einer irdischen, relativ ruhenden Lichtquelle. Findet eine Annäherung in der Gesichtslinie statt, so werden die Wellenlängen kürzer, die Brechbarkeit stärker, die Spektrallinien verschieben sich nach violett; bei einer Entfernung findet natürlich das Umgekehrte statt.

Betrachten wir nun einmal die nebenstehende Figur, welche das Algolsystem schematisch darstellen möge. Die Bewegung der beiden Körper findet natürlich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt statt; da es aber nur auf relative Bewegung ankommt, so ist das System der Einfachheit halber so gezeichnet, dafs der dunkle Körper als fester Mittelpunkt angenommen ist. Die punktirte Linie möge die Richtung der Gesichtslinie (Verbindungslinie zwischen Algol und der Erde) angeben.

Befindet sich der helle Hauptstern des Systems in 1, so ist er durch den dunklen Begleiter zum Theil für uns verdeckt; wir sehen ein Algolminimum. Seine Bewegungsrichtung liegt von rechts nach links, also senkrecht zum Visionsradius, d. h. eine Linienverschiebung kann nicht eintreten. Hat aber der Körper einen Viertelumlauf zurückgelegt, nach 17 Stunden, und befindet sich in 2, so bewegt er sich in voller Geschwindigkeit auf uns zu: Maximalverschiebung der Spektrallinie nach Violett. In 3 läuft er von links nach rechts, also

Digitized by Google

keine Verschiebung ist vorhanden; in 4 volle Geschwindigkeit von uns weg: Maximalverschiebung nach roth.

Das ist nun thatsächlich dasjenige, was die Potsdamer Spektralaufnahmen zeigen; es findet zur Zeit, wenn Algol die Lage 2 hat, wirklich die Maximalverschiebung nach Violett, in der Lage 4 wirklich nach roth statt, und allein damit war schon ein definitiver Beweis für die Doppelsternnatur Algols gegeben. Es hat indessen nicht an Stimmen gefehlt, die darauf hingedeutet haben, dafs auch unter voller Anerkennung der periodisch wechselnden Linienverschiebung, doch eine andere Erklärung für letztere möglich sein könne, und man hat hierbei z. B. auf asymmetrische Verbreiterungen der Wasserstofflinie im Stern hingewiesen. Wenngleich bisher solche asymmetrische Verbreiterungen der Sternlinien noch nicht beobachtet worden sind, so kann man doch bei der allgemeinen Unkenntnifs der Druck- und Temperaturverhältnisse auf den Sternen, eine solche Annahme nicht ohne weiteres zurückweisen. Bei asymmetrischer Verbreiterung bleibt aber das Intensitätsmaximum der Linie stets an seiner Stelle, und nur die Verwaschenheiten, die sich an das Intensitätsmaximum anschliefsen, sind unsymmetrisch, wie ja auch die Bezeichnung asymmetrische „Verbreiterung" andeutet. Beim Algolspektrum ist aber mit vollster Deutlichkeit zu erkennen, dafs das Intensitätsmaximum, auf welches allein beim Messen eingestellt wird, stark verschoben ist. Damit ist dieser Erklärungsversuch definitiv abgewiesen, und es bedürfte kaum noch des Hinweises, dafs eine in kurzer Periode wechselnde asymmetrische Verbreiterung physikalisch absolut undenkbar ist. So bleiben wir denn bei unserer ersten Deutung, und die Beobachtungen in Potsdam haben dann ergeben, dafs die Maximalgeschwindigkeit des Hauptsterns + 5.3 geogr. Meilen und — 6.2 geographische Meilen beträgt, d. h. dafs der Hauptstern mit einer Geschwindigkeit von 5.7 Meilen pro Sekunde um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt läuft, und dafs aufserdem das ganze System noch eine Translationsgeschwindigkeit von 0.5 Meilen auf uns zu besitzt. Das sind die Daten, die das Spektroskop geliefert hat, und wir wollen nun sehen, wie hieraus in Verbindung mit den Daten des Lichtwechsels die Bahnelemente des Systems gerechnet werden können.

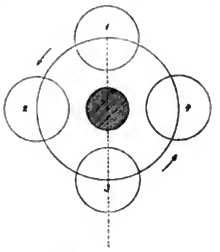


Fig. 1.

Digitized by Google

Für den Lichtwechsel legen wir hierbei die Werthe zu Grunde, welche Verfasser vor zehn Jahren aus den zahlreichen und vorzüglichen Beobachtungen Schönfelds abgeleitet hat.

Der Helligkeitsunterschied zwischen einem Algolminimum und dem sogenannten vollen Lichte beträgt 1.05 Gröfsenklassen, d. h. die Minimalhelligkeit ist gleich 0.381 der Maximalhelligkeit, oder der dunkle Begleiter absorbirt bei seinem Vorübergange 0.619 von der Gesamthelligkeit Algols. Macht man nun die Annahme, dafs der Durchgang ein naher zentraler sei, so erhält man als Verhältnifs der Durchmesser des dunklen Begleiters zu Algol den Betrag $\sqrt{0.619} = 0.787$, d. h. der Durchmesser des ersteren ist ungefähr $^3/_4$ von dem Algols. Bei gleicher Dichtigkeit der beiden Himmelskörper müssen sich dann die Massen derselben wie die dritten Potenzen der Durchmesser verhalten, das ist wie 1 : 0.487, die Masse des Begleiters ist also die Hälfte derjenigen Algols, und ebenso müssen sich ihre Abstände vom Schwerpunkt verhalten und auch ihre Bahngeschwindigkeiten. Die spektrographischen Beobachtungen hatten für die Bahngeschwindigkeit Algols 5.7 geogr. Meilen ergeben, diejenige des Begleiters ist also gleich 12.0 Meilen.

Die Dauer der Verfinsterung beträgt nun $9^h\ 45^m$, so lange dauert also der Vorübergang des Begleiters vor dem Hauptsterne, der mit der relativen Geschwindigkeit — die Summe der beiden Bahngeschwindigkeiten — also mit 17.7 Meilen in der Sekunde stattfindet, und hieraus lassen sich nun einfach die Dimensionen der beiden Körper und ihre Abstände ausrechnen; es ist aber vorher zu berücksichtigen, dafs Beginn und Ende der Verfinsterung nach Ausweis der Lichtkurve Algols eine so langsame Lichtveränderung zeigen, dafs dies unmöglich durch die Bedeckung der Sternscheibe selbst hervorgebracht sein kann. Vielmehr mufs man hier an die gegenseitige Bedeckung der die Körper jedenfalls umgebenden Atmosphären denken, und unter Berücksichtigung dieses Umstandes erscheint es am besten, für die Dauer der eigentlichen Verfinsterung nur $6^h\ 30^m$ anzunehmen. Dann erhält man folgende Daten:

Durchmesser des Hauptsterns	230000 Meilen.
Höhe seiner Atmosphäre	54000 „
Durchmesser des dunklen Begleiters	180000 „
Höhe seiner Atmosphäre	42000 „
Entfernung der Mittelpunkte beider Körper . .	700000 „

Massen der beiden Körper $^4/_9$ und $^2/_9$ der Sonnenmasse.

Um eine bessere Vorstellung von der bisher beispiellosen Nähe der beiden Körper zu geben, möge die folgende Figur dienen.

Digitized by Google

Links ist der helle Hauptstern, rechts der dunkle Begleiter, beide mit ihrer Atmosphäre, der Schwerpunkt, um den sich beide bewegen, ist durch S angedeutet. Würde man Algol als unsere Sonne betrachten, so würde sich nach den wahren Dimensionen die Erde in 2.7 Meter Entfernung befinden, ihr Durchmesser müfste gleich 0.2 Millimeter gesetzt werden.

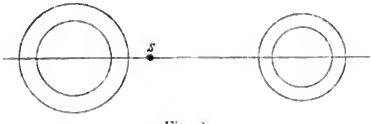


Fig. 2.

Es ist ja nun klar, dafs die obigen Dimensionen nur genäherte Werthe darstellen können, da ja die gemachten Voraussetzungen: zentraler Durchgang, gleiche Dichtigkeit der Massen, Höhe der Atmosphäre, nicht genau den Thatsachen entsprechen werden. Es beeinträchtigt dies aber keineswegs den Einblick in die gewonnenen Verhältnisse; man sieht ja leicht, dafs eine wesentliche Aenderung des merkwürdigen Systems nicht eintreten würde, auch wenn die Körper in der Zeichnung um einige Millimeter gröfser oder kleiner wären oder ihr Abstand um einen Zentimeter anders ausgefallen wäre.

So sehen wir uns nun der Thatsache gegenüber gestellt, dafs ein so aufserordentlich enges Doppelsternsystem am Himmel seit unbekannten Zeiten her besteht, und dafs wir uns nunmehr der Frage zuwenden müssen, wie sich diese Thatsache mit den früher geäufserten Zweifeln an der Möglichkeit derselben vereinigen läfst. Die Lösung der Frage ist eine sehr einfache: Man hat eben früher nur, man möchte wohl sagen, dem Gefühle nach gezweifelt, ohne ernstliche mathematische Prüfung. Diese Prüfung bietet zwar grofse Schwierigkeiten; gegenüber der Thatsache mufste sie aber unternommen werden, und so hat denn Wilsing gezeigt, dafs ein solches System sehr gut als stabiles zu betrachten ist; es treten allerdings infolge des abnormen Verhältnisses von Gröfse und Nähe der Körper mächtige Fluthwirkungen auf, die bewirken, dafs die Körper sich gegenseitig zuspitzen und mit ihren grofsen Axen nahe aufeinander gerichtet sind. Diese Deformationen sind aber nicht so stark, dafs die Stabilität des Systems hierdurch irgendwie gefährdet würde.

Dafs das Algolsystem, wie schon angedeutet, auch dem best bewaffneten Auge niemals direkt auflösbar sein wird, kann nach den obigen

Digitized by Google

Angaben nicht zweifelhaft sein. Selbst wenn Algol eine Parallaxe von 0″1 haben sollte, d. h. also, wenn er so weit von uns entfernt wäre, dafs der Halbmesser der Erdbahn, von ihm aus gesehen, unter einer Winkeldistanz von 0″1 erscheinen würde, würde umgekehrt der scheinbare Abstand der beiden Körper, von der Erde gesehen, $^1/_{30}$ dieses Winkels oder 0″003 betragen; die kühnste Phantasie kann sich kein Fernrohr vorstellen, welche diese Distanz noch auflösen könnte. Und so führt uns denn unsere Betrachtung in diesem Falle zum ersten Male zu einem Probleme der Astronomie des Unsichtbaren, welches im Gegensatz zu dem bisher Besprochenen auch nicht die entfernteste Möglichkeit läfst, dermaleinst wirklich erschaut zu werden.

Aber damit ist es noch nicht genug. Kaum hat die Entdeckung des Algolbegleiters die Aussicht in ein bisher verschlossenes Gebiet der Doppelsternwelt eröffnet, so treten auch schon die Anzeichen auf, dafs damit das Algolsystem nicht erschöpfend erklärt ist, sondern dafs dasselbe ein dreifaches Sternsystem ist, dessen dritten Begleiter bisher auch noch Niemand erblickt hat, und dessen Existenz allerdings vorläufig noch nicht mit der Sicherheit zu beweisen ist, wie dies bei den anderen Objekten unserer Darstellung möglich war.

Die Periode Algols ist zwar gegenüber anderen veränderlichen Sternen eine aufserordentlich regelmäfsige, jedoch nicht eine vollkommen gleichförmige. Wenn die Aenderungen derselben auch nur wenige Sekunden betragen, so sind sie doch wegen der grofsen zur Verfügung stehenden Zeiträume durchaus sicher zu ermitteln, und so hat bereits Argelander folgende Periodenlängen für Algol aufgestellt:

Jahr	Periode
1784	$68^h\ 48^m\ 59^s42$
1793	58.74
1818	58.19
1842	55.18
1849	54.86
1858	53.15
1865	53.81

Diese Aenderungen sind identisch mit Aenderungen der Umlaufszeit, und es handelt sich darum, dieselben zu erklären. Man könnte hierbei an Einflüsse denken, welche durch die erwähnte Deformation der Körper entstehen, wenn nämlich die Rotation der Körper von ihrer Umlaufszeit verschieden ist. Es erscheint aber sehr fraglich, ob solche Aenderungen von dem Betrage sein können, und so liegt es nahe, an störende Einflüsse eines dritten Körpers zu denken.

Digitized by Google

Wie schon früher hervorgehoben, entzieht sich die Berechnung derartiger Störungen vollständig unserem Können. Das Dreikörperproblem ist noch nicht gelöst, wir haben nicht einmal ein Urtheil darüber, ob die Störungen sich in der Form, wie sie durch die Periodenänderung ausgesprochen ist, überhaupt äufsern können.

Es ist das Verdienst Chandlers, kürzlich darauf hingewiesen zu haben, dafs bei der Existenz eines dritten Körpers hier gar keine wirkliche Störung, sondern nur eine scheinbare, eine „optische" Störung vorzuliegen braucht.

Zur Erklärung einer solchen optischen Störung denken wir uns Folgendes: Die Umlaufszeit Algols sei eine durchaus gleichförmige, aber er möge sich mit einer gewissen Geschwindigkeit, und zwar mit 40000 Meilen (Geschwindigkeit des Lichts in einer Sekunde) während eines Umlaufs auf uns zu bewegen. Nach Ablauf einer Periode ist er uns dann um soweit näher gekommen, dafs das Licht zu uns hin eine Sekunde weniger gebraucht als früher, wir sehen die Minima um eine Sekunde früher eintreten, d. h. scheinbar hat sich die Periode Algols um eine Sekunde verkürzt. Eine stärkere Fortbewegung von uns würde umgekehrt eine scheinbare Verlängerung der Periode ergeben. Die Beobachtungen zeigen nun zuerst eine Verkürzung, dann eine Verlängerung der Periode, und Chandler hat nun gefunden, dafs diese Erscheinung sich vollständig deuten läfst, unter der Annahme, dafs das Algolsystem, wie wir es oben beschrieben haben, sich nochmals um einen Schwerpunkt bewegt und zwar in 130 Jahren; der Durchmesser der Bahn würde etwa gleich dem der Uranusbahn resultiren. Eine so grofse Bahn mufs aber auch direkt am Himmel erkennbar sein, und in der That hat Chandler nachgewiesen, dafs die Meridianbeobachtungen Algols sich am besten unter der Voraussetzung einer solchen Bahn darstellen lassen. Wie weit der dritte Stern von Algol entfernt sein könnte, ist nicht möglich anzugeben, da dies von seiner, bis jetzt durchaus unbekannten Masse abhängt. Ein dunkler oder wenigstens lichtschwacher Stern ist es jedenfalls, doch ist die Möglichkeit, ihn einmal direkt wahrzunehmen, nicht ausgeschlossen.

So sehen wir, dafs Algol ein Beispiel aus der Astronomie des Unsichtbaren darbietet, welches durch eine Vereinigung der beiden, von uns eingangs getrennten Methoden erkannt worden ist; es ist ein wunderbares Gestirn, dessen genauere und detaillirtere Erforschung noch für Jahrhunderte auf der Arbeitsliste der Astronomie stehen wird.

Die glückliche Lösung des Algolproblems betrifft gleichzeitig natürlich alle Veränderliche des Algoltypus. Es wird zur Zeit Niemand

Digitized by Google

zweifeln, dafs bei allen diesen Sternen ähnliche Verhältnisse vorliegen wie bei Algol, wenngleich es in absehbarer Zeit nicht gelingen dürfte, hierfür den direkten Beweis durch Spektralbeobachtungen zu liefern; es würden hierzu wegen der Lichtschwäche dieser Sterne ganz enorme Hilfsmittel nöthig sein.

Man kann aber gleich noch einen Schritt weiter gehen. Damit überhaupt bei einem Algolsystem eine wirkliche Lichtveränderung durch mehr oder weniger vollständige Bedeckung eintreten kann, mufs die Bedingung erfüllt sein, dafs die Bahnebene der beiden Komponenten ganz oder genähert in der Gesichtslinie liegt. Da nun jede Bahnlage gleich wahrscheinlich ist, mufs es der Wahrscheinlichkeit nach beträchtlich mehr enge Doppelsternsysteme geben, als sich uns durch den Lichtwechsel verrathen. Diese Schlufsfolgerung fand sehr bald ihre Bestätigung durch die Entdeckung der binären Natur von α Virginis durch H. C. Vogel und von β Aurigae und ζ Ursae Maj. durch Pickering. Wir wollen uns aber in betreff dieser Systeme nur kurz fassen und nur darauf aufmerksam machen, dafs, während bei α Virginis ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie bei Algol, nur mit dem Unterschiede, dafs wegen der fehlenden Verdeckung der hellen Komponente durch die dunkle, die relative Gröfse der beiden Sterne nicht bestimmt werden kann, die Entdeckungen von β Aurigae und ζ Ursae Maj. eigentlich nicht mehr streng in unser Thema hineingehören. Bei diesen sind nämlich beide Komponenten hell, und senden uns ihr Licht zu, und obgleich sie nicht direkt im Fernrohr trennbar sind, so gelingt dies doch im Spektroskope. Hier sind die den einzelnen Körpern zukommenden Linien deutlich von einander zu trennen, und es fehlt die eingangs unseres Aufsatzes festgestellte Bedingung, dafs die von einem unsichtbaren Körper ausgehende Einwirkung der Gravitation auf einen sichtbaren die Rolle des Verräthers spielt.

Und nun zum Schlusse ein anderes Bild. Wir hatten uns den Lesern als Führer aufgedrängt, sie auf einen Aussichtspunkt zu leiten in schon einigermafsen bekannter Gegend. Und wenn wir unterwegs auf zum Theil recht schwierigen und wenig verlockenden Pfaden in irgend einem Durchblick auf ein blinkendes Gewässer hinwiesen, da haben wir oft den Ausruf der Enttäuschung vernommen, dafs ihnen gerade diese Stelle recht gut bekannt sei, und mancher hat sich bei Seite gedrückt und ist still nach Hause geeilt. Nun sind wir auf der Höhe angelangt, und der ganze Erfolg besteht nur darin, dafs wir hier die früher hier und da isolirt erscheinenden Wasserflächen in ihrem ganzen Zusammenhange als einen mächtigen Strom erkennen, der seinen

Digitized by Google

gewundenen Lauf zu unseren Füfsen weiter führt. Anfang und Ende verlieren sich in nebelhafter Ferne. Das ist der ganze Gewinn unserer Reise, und doch würde der Führer zufrieden sein, wenn er hie und da die Bemerkung vernehmen könnte, dafs die Aussicht, wenn auch nicht schön, so doch interessant sei, und das nun erst ein geordnetes Verständnifs der vorher nur fragmentarisch bekannten Gegend erschlossen sei.

Digitized by Google

Der fünfte Jupitermond.

Durch eine kurze Notiz ist in dieser Zeitschrift bereits mitgetheilt worden, dafs Professor Barnard am 9. September d. J. so glücklich war, mit den gewaltigen Hülfsmitteln des grofsen Refraktors der Lick-Sternwarte einen neuen Jupitertrabanten zu entdecken. Es ist dies um so staunenerregender, als nunmehr seit beinahe drei Jahrhunderten die Welt des Jupiter fast alltäglich rings um den Erdball herum von Fachastronomen sowohl wie auch Dilettanten untersucht und bewundert worden ist, ohne dafs, seit eben Galilei mit dem ersten Blick, den er durch sein neues Fernrohr dem Jupiter zuwandte, die vier bekannten Jupitermonde entdeckte, sich diesem sekundären System ein neues Glied in unserer Kenntnifs hinzugefügt hätte. Wir verdanken eben diese neue und ganz ungemein interessante Entdeckung in erster Linie der durchdringenden Lichtkraft unserer modernen ungeheueren Sehwerkzeuge. Der neue Weltkörper ist mit einiger Sicherheit selbst in jenem gröfsten Fernrohre der Welt nur bei Anwendung besonderer Vorsichtsmafsregeln deutlich sichtbar. Die glänzende Scheibe des Jupiter mufs, um ein Ueberstrahlen zu verhüten, entweder ganz aufserhalb des Sehfeldes liegen oder durch eine dunkle Scheibe in demselben verdeckt werden. Dieses ist um so nothwendiger, als das winzige Lichtpünktchen sich im höchsten Falle nur um drei Viertheile des Jupiterdurchmessers von dem Rande des Planeten entfernen kann. Wegen dieser Schwierigkeit ist es deshalb bisher mit vielleicht nur einer einzigen Ausnahme nicht gelungen, den Himmelskörper durch andere Fernrohre sichtbar zu machen, obgleich es wohl einige darunter giebt, welche wenigstens nahezu dem der Lick-Sternwarte ebenbürtig sind, wie etwa der Wiener oder Pulkowaer Refraktor, oder das von einem durchsichtigen Himmel besonders begünstigte Instrument von Nizza. Nur der Greenwicher Astronom Turner, welcher sich derzeit auf der Sternwarte des Professor Young in Princeton bei New-York aufhielt, glaubt am 28. September zugleich mit einem jüngeren Astronomen dieser Sternwarte des winzigen Lichtpünktchens

Digitized by Google

einige Augenblicke lang ansichtig geworden zu sein. Es wird auf der Erde also nur sehr wenige Menschen geben, welche diese neue Welt jemals sehen werden; aber, wie bei so vielen der interessantesten astronomischen Objekte, so sind es auch hier die Gedankenreihen, welche sich an das blofse Faktum der Existenz dieses Weltkörpers knüpfen, die unser hauptsächlichstes Interesse wachrufen.

Alles, was wir von demselben positiv wissen, ist neben seiner ungemeinen Lichtschwäche nur, dafs er sich im Maximum um circa $2^1/_2$ Halbmesser der Jupiterscheibe (genauer 2,731) vom Mittelpunkt des Hauptplaneten entfernen kann. Zunächst geht aus der geringen Leuchtkraft hervor, dafs der neue Mond, falls seine Oberfläche ungefähr dasselbe Rückstrahlungsvermögen (Albedo) besitzt, wie seine Kollegen in dem sekundären Systeme, nur wenige Zehner von Kilometern im Durchmesser besitzen kann. Ferner kann man mit Sicherheit aus den direkten Beobachtungsresultaten berechnen, dafs von ihm aus die Scheibe des Jupiter als ein Koloss von $46^1/_2{}^0$ Ausdehnung am Himmel erscheinen müsste. Wenn also der untere Rand des Jupiter den Horizont dieses Mondes berührt, reicht der obere Rand halbwegs bis zum Zenith empor. Ist Jupiter zur Hälfte aufgegangen, so nimmt er am Horizont den achten Theil des ganzen Gesichtskreises ein. Die Sonne erscheint dort bekanntlich fünfmal kleiner als bei uns und deshalb 460 — bis 470 — mal kleiner als Jupiter.

Obgleich nun über die Geschwindigkeit der Bewegung dieses neuen Weltkörpers um den Hauptplaneten herum durch die Beobachtung noch nichts Genaueres ermittelt worden ist, so kann man dieselbe doch mit völliger Genauigkeit aus den Thatsachen der Beobachtung berechnen. Es ist bekannt, dafs das dritte Keplersche Gesetz es gestattet, die Umlaufszeit eines Weltkörpers aus seinem Abstande von seinem Gravitationszentrum zu berechnen, wenn man die Anziehungskraft desselben aus einem zweiten, ihn umkreisenden Weltkörper bereits vorher abgeleitet hat. Ausführlicher ist hiervon in einer Reihe vom Herausgeber verfafster, in dem ersten Jahrgange dieser Zeitschrift erschienener Artikel die Rede. Es ergiebt sich dann, dafs die gewaltige Anziehungskraft des gröfsten aller Planeten diesen winzigen Körper zwingt, seinen Umlauf bereits in 11 Stunden 49,6 Minuten zu vollenden, also in nahezu einem halben Tage. Die Winkelgeschwindigkeit dieses Mondes ist also rund 60 mal gröfser als die unseres Mondes. Er bewegt sich nur um sehr weniges langsamer herum als Jupiter selbst sich um seine Achse dreht, was bekanntlich sehr schnell geschieht; der Jupitertag umfafst nur 9 Stunden 55,6 Minuten, infolge

Digitized by Google

dessen sind etwa $5^1/_4$ Umläufe des fünften Satelliten gleich $6^1/_4$ Jupitertagen oder innerhalb dieser Zeit geht der Mond für Jupiter einmal auf und unter. Die wirkliche Geschwindigkeit desselben in seiner Bahn ist aus dem Durchmesser derselben, welcher 24200 geographischen Meilen, also rund die Hälfte des Abstandes unseres Mondes vom Erdzentrum beträgt, leicht zu berechnen und beläuft sich auf 3,6 Meilen in der Sekunde. Sie ist also beinahe so schnell wie die Bewegung, welche das mächtige Zentralgestirn des Planetensystems unserer Erde aufnöthigt. Durch letztere werden wir bekanntlich in jeder Sekunde um vier Meilen weiter durch den Weltraum getragen.

Die oben erwähnte Entfernung von 24200 Meilen ist vom Jupiterzentrum aus gerechnet; von der Jupiteroberfläche befindet sich der Mond nur 14600 Meilen entfernt; nur $8^1/_2$ Erdkugeln an einander gereiht würden die Verbindung zwischen Mond und Jupiter herstellen. Das ist eine im Verhältnifs zu den übrigen Dimensionen des Jupitersystems ganz abnorm geringe Entfernung und eine ähnliche Verhältnifszahl findet man nur beim ersten Mars- und ersten Saturnmonde wieder.

Ganz abnorme Verhältnisse müssen hier auch in Bezug auf den Wettstreit der Schwerewirkungen zwischen diesem Satelliten und seinem Hauptkörper vorliegen, denen ein Körper auf der Oberfläche dieses Satelliten unterworfen ist. Es zeigt sich nämlich, dafs selbst bei der unwahrscheinlichsten Annahme über die Gröfse und Dichtigkeit des neu entdeckten Weltkörpers, es doch ganz unmöglich ist, dafs die Anziehungskraft, welche er auf einen Gegenstand seiner Oberfläche ausübt, ebenso grofs sein kann, wie die Anziehungskraft, welche ihn von dieser Oberfläche weg dem Zentralkörper zuzuführen strebt. Es ist leicht zu berechnen, dafs ein frei schwebender Gegenstand in der Entfernung des fünften Jupitertrabanten gegen den Planeten hin in der ersten Sekunde 1,93 m fallen müfste. Damit er dieses selbe Bestreben auch gegen den Satelliten hin besitzen und folglich dann auf der Oberfläche des letzteren gewichtlos ruhen könne, müfste der Mond, selbst wenn er aus dem dichtesten der uns bekannten Stoffe, aus Platin bestände, einen Durchmesser von 1300 km besitzen. Sollte er aber gar nur so dicht sein wie der ihm nächste erste Jupitertrabant, so müfste sein Durchmesser mehr als das Zweifache von dem der Erde betragen. In Wirklichkeit gehört er aber bekanntlich zu den kleinsten aller Weltkörper; es ist deshalb kein Zweifel, dafs etwaige frei bewegliche Gegenstände auf seiner Oberfläche ein Bestreben haben müssen, diese Oberfläche zu verlassen und gegen den Jupiter hin zu

Digitized by Google

fallen. Die ungeheure Tangentialkraft wird solche Gegenstände zwar zunächst in der vorgeschriebenen Bahn festhalten, aber alles, was sich von der Oberfläche durch irgend welche physikalischen Einwirkungen losbröckelt, mufs sich infolge dieser überwiegenden Anziehungskraft des Jupiter längs der Bahn des Satelliten ausstreuen und der Satellit selbst mufs ganz in derselben Weise, wie nach der Schiaparellischen Theorie sich die Kometenkerne in Sternschnuppenschwärme auflösen, einen Ring bilden, welcher in physischer Hinsicht mit der Konstitution der Saturnringe absolut identisch ist. Auf die eigenthümlichen Gedankenreihen, welche sich hieran knüpfen, wird sich der Verfasser erlauben, ausführlicher in einem nächsten Artikel zurückzukommen.

Hier sei nur noch hinzugefügt, dafs der merkwürdige fünfte Satellit vorläufig noch namenlos geblieben ist, und dafs auch wegen seiner Namengebung sich vermuthlich einige Schwierigkeiten erheben werden. Bekanntlich sind von allen permanenten Himmelskörpern des Sonnensystems gerade nur die vier Jupitersatelliten unbenamst geblieben; sie werden mit den römischen Ziffern I, II, III, IV bezeichnet, nach Mafsgabe ihrer Abstände. Der neue Satellit ist nun aber in dieser Reihenfolge der erste; die Nummern der alten müfsten also konsequenterweise um eine Einheit weiterrücken; dieses würde aber zu den gröfsten Konfusionen Anlafs geben, ist also ganz undurchführbar. Es ist vorgeschlagen worden, ihn einfach den nullten Satelliten zu nennen, vermuthlich wird er aber wohl einen mythologischen Namen erhalten und nebenher der fünfte Satellit heifsen, ohne dafs die bisher gebräuchlichen Zahlen der anderen eine Veränderung erfahren. M. W. M.

Die Ursachen des neuen Sterns im Fuhrmann. Im vorigen Jahrgange unserer Zeitschrift (S. 289 und 378) haben wir über das merkwürdige Schwanken der Helligkeit dieses Sterns und über die Eigenthümlichkeiten des Spektrums berichtet, sowie der Hypothesen gedacht, welche bisher zur Erklärung der Erscheinungen, die uns jener interessante Weltkörper darbietet, herangezogen worden sind. Es wurde darauf hingewiesen, dafs bei dem plötzlichen Aufleuchten des neuen Sterns ein zweiter Körper mitgewirkt haben mufs, derart, dafs letzterer in dem neuen Stern eine Fluthbewegung hervorrief und durch dessen Oberflächenkruste Gasausbrüche veranlafste. Indessen sind diese sowie andere Ansichten über die Ursachen des neuen Sterns wegen verschiedener Schwierigkeiten, die sie in der Erklärung der Erscheinungen

Digitized by Google

nicht ganz beseitigen, nur mit gewisser Reserve annehmbar. Nicht nur die starke Verschiebung und Verbreiterung einer Anzahl von Linien in den beiden supponirten Spektren des Sterns und die aufserordentliche Geschwindigkeit, mit welcher sich die beiden Körper entfernen (nach Vogel 120 Meilen in der Sekunde), gehören zu den schwer erklärbaren Eigenthümlichkeiten des Sterns, sondern namentlich auch das nunmehr seit fast dreiviertel Jahren andauernde Schwanken seines Lichts. In letzterer Beziehung ist schon fünfmal das Ansteigen der Lichtkurve um einen nicht unerheblichen Betrag beobachtet (21. Dezember, 3. Februar, 18. Februar, 2. März, Ende August) und mehrere Minima sind bemerkt worden. Professor Seeliger in München hat aufserdem kürzlich durch Rechnung gezeigt, dafs, wenn die Ursachen des Aufleuchtens in der Einwirkung zweier Körper liegen, diese Einwirkung auf den Stern kaum mehr als ein paar Stunden hätte dauern können, da sich die beiden Körper mit überaus grofser Geschwindigkeit von einander entfernt haben müssten. Die monatelange Dauer der Lichtschwankung stehe jener Annahme, abgesehen von manchen andern Schwierigkeiten, entgegen. Professor Seeliger macht darauf aufmerksam, dafs sich die verschiedenen Erscheinungen in der Beobachtung des neuen Sterns durch die folgende Hypothese mit einander vereinigen lassen: Es sei durch mancherlei Beobachtungen neuerer Zeit nicht mehr zweifelhaft, dafs sich im Weltraum zerstreute kosmische Aggregate, Ansammlungen fein verdünnter Materie, die wir „kosmische Wolken“ nennen dürfen, vorfinden. Sobald ein Weltkörper in eine solche kosmische Wolke, die er auf seinem Wege trifft, eindringt, wird er Erscheinungen darbieten, wie solche beim Aufleuchten der Meteoriten in den höchsten, verdünnten Schichten der Erdatmosphäre auftreten. Ebenso wie beim Eindringen der Meteoriten in die Erdatmosphäre diese Körperchen sich erhitzen und Licht emittiren, kann die Erhitzung des Weltkörpers in einer kosmischen Wolke an seiner Oberfläche so bedeutend werden, dafs Lichterscheinungen die Folge sein müssen. Seeliger zeigt rechnerisch durch Vergleich mit den Verhältnissen, wie sie uns die Bewegung der Meteoriten darbieten, dafs die Geschwindigkeit des in die Wolke eindringenden Körpers nur wenig durch den Widerstand der feinen Materie verlangsamt werden kann und dafs die entwickelte Wärmemenge hinreichend ist, den Körper zum mindesten an seiner Oberfläche ins Glühen zu bringen. Daraus erklärt sich, dafs der neue Stern so lange Zeit, nämlich von dem Moment an, wo er in die Wolke eingedrungen ist, bis jetzt wenig von seiner Bewegungsgeschwindigkeit verloren hat,

Digitized by Google

und dass sich die Lichterscheinungen durch mehr als acht Monate haben erhalten können. Schon vor dem Eindringen des Körpers in die Wolke wird eine Verlängerung der letzteren durch die Anziehungskraft des Körpers bewirkt werden, die Theilchen der Wolke werden in Bewegung gerathen, und schliefslich, nach dem Eindringen, werden die Partikeln der Wolke hyperbolische Bewegungen um den Körper beschreiben; die Geschwindigkeit der Theilchen wird mit der Entfernung vom Körper abnehmen, und die Theilchen, welche die Oberfläche streifen, können endlich eine so aufserordentlich schnelle Bewegung erlangen, wie sie beim neuen Stern konstatirt worden ist, trotzdem deren Anfangsgeschwindigkeit vielleicht eine sehr geringe war. Infolge der Erhitzung werden sich um den eindringenden Körper Verdampfungsprodukte bilden, die sich zum Theil von ihm ablösen und alsbald die Geschwindigkeit annehmen, welche die nächstbefindlichen Theilchen der kosmischen Wolke besitzen. Im Spektroskope werden wir infolge dessen ein kontinuirliches Spektrum des glühenden Sterns mit Absorptionsstreifen (der um den Stern lagernden glühenden Gase wegen) sehen, und ein zweites Spektrum, aus meist hellen Linien bestehend, darüber; theilweise werden die Linien stark verbreitert und wegen der grofsen Bewegung im Visionsradius namentlich stark gegeneinander verschoben sein — Erscheinungen, wie sie das Spektrum des neuen Sterns thatsächlich aufgewiesen hat. Auch das langsame Auf- und Abschwanken der Helligkeit des neuen Sterns hat nicht viel Unerklärbares, wenn man sich daran erinnert, dafs auch die Meteoriten während ihrer schnellen Bewegung durch die dünne Atmosphäre solche Maxima und Minima ihres Leuchtens beobachten lassen, und dafs die Verhältnisse bei einem in einer kosmischen Wolke von verschiedener Dichtigkeit vordringenden Körper ähnliche sein müssen, dass nämlich verschiedene Grade der Erhitzung, je nach der Dichte des Mittels, eintreten werden.

Ueber neuere Strahlenmessungen.

Auf Seite 197 ff. vorigen Jahrgangs haben wir über die Methoden und Resultate der Langleyschen und Boysschen Strahlenmessungen berichtet. Aus den dortigen Ausführungen ist wohl zur Genüge hervorgegangen, ein wie wichtiges Hülfsmittel für den Astrophysiker das Bolometer bildet; hat es doch, um nur ein Ergebnifs zu erwähnen gezeigt, dafs die Strahlen, welche die Sonne durch den Weltenraum sendet, anders geartet sind als diejenigen, welche durch unsere Atmo-

Digitized by Google

sphäre wirklich zu uns herabgelangen, dafs wir also Geschöpfen vergleichbar sind, welche auf dem Grunde des Ozeans leben und sich nur eine unvollkommene Vorstellung davon bilden können, wie die spärlich herabdringenden Lichtstrahlen an der Oberfläche des Wassers beschaffen sein mögen. Ein viel glänzenderes und vor allem an blauen Strahlen reicheres Tagesgestirn würde unserem Auge erscheinen, wenn wir uns bis zur Grenze der Atmosphäre zu erheben vermöchten.

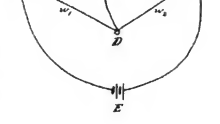
Es ist auf dem Gebiete der Naturwissenschaften keine seltene Erscheinung, dafs ein Gedanke, eine Forschungsmethode oder ein Instrument, welche für einen bestimmten Zweck ersonnen wurden, auf einem ganz anderen Gebiete, etwa in Erfüllung technischer Aufgaben, wiederum eine Neubearbeitung oder eine weitere Verwerthung finden. Das in Rede stehende Instrument, welches, wie sein Name besagt, Strahlen, und zwar speziell die Wärmewirkung von Strahlen messen will, ist, wie es scheint, dazu berufen, im Beleuchtungswesen, diesem sich so lebhaft entwickelnden Zweige der Technik, eine wichtige Rolle zu spielen. Bekanntlich leiden die Messungen auf diesem Gebiete trotz der trefflichsten Photometer, welche die Helligkeit zweier Lichtquellen bis auf Bruchtheile eines Prozentes zu vergleichen gestatten, an dem Mangel einer wissenschaftlichen Lichteinheit, die bestimmte Beziehung zu anderen absoluten Einheiten hätte, und leicht mit einiger Genauigkeit dargestellt werden könnte. Der Vorschlag des französischen Physikers Violle, als Einheit dasjenige Licht zu nehmen, welches von einem Quadratcentimeter der Oberfläche glühenden Platins bei der Schmelztemperatur ausgestrahlt wird, hat aus naheliegenden Gründen diesem Mangel nicht abzuhelfen vermocht. Auf der technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg benutzt man als praktische Vergleichslichtquellen Glühlampen, welche durch einen Strom von konstanter Stärke gespeist werden, und deren bei längerem Gebrauche eintretende Veränderung dadurch leicht kontrolirbar wird, dafs man sie mit anderen, nur selten benutzten Lampen derselben Art vergleicht. Neuerdings haben die Herren Lummer und Kurlbaum versucht, die Wärmewirkung der von solchen Lampen ausgesandten Lichtstrahlen bolometrisch zu bestimmen; wenn dieser Versuch erfolgreich ist, so ergiebt sich offenbar die Möglichkeit, Vergleiche mit der Strahlung einer konstanten Wärmequelle anzustellen und so zu einer Strahlungseinheit zu gelangen. Wir wollen die betreffenden Ausführungen[1]) etwas weiter verfolgen, einmal, weil sie als Beitrag zur Erkenntnifs der Eigenschaften des

[1]) Wiedemann, Ann. 1892 S. 204 ff.

Digitized by Google

Bolometers interessant sind und deshalb dem immerhin selten benutzten Instrumente weiteren Eingang verschaffen dürften, dann aber auch wegen der technisch überaus geschickten Herstellungsmethode, deren sich die Verfasser bedient haben.

Erinnern wir zunächst noch einmal daran, dafs die bolometrische Messung auf der Wheatstoneschen Brücke beruht: Leitet man dem Drathviereck ADBC mittelst des Elemetes E an den Ecken A und B Strom zu, so ist ein zwischen C und D eingeschaltetes Galvanometer stromlos, sobald zwischen den vier Leitungswiderständen die Beziehung besteht $W_1 : W_3 = W_2 : W_4$. Bedarf dieser bekannte Satz noch einer Versinnlichung, so könnte man an eine Wasserleitung denken, welche von einem höher gelegenen Punkte A nach einem tiefer liegenden B Wasser auf zwei Wegen befördert. Eine verbindende Querleitung CD wird stromlos sein, wenn C und D gleiches Niveau haben; dafs aber diese Bedingung analog der obigen ist, würde sich ohne Schwierigkeit, wenn auch nicht ganz kurz, zeigen lassen. — Beim Bolometer wird nun eins der Drahtstücke, z. B. W_4 erwärmt; dadurch erhöht sich der Leitungswiderstand, und das Galvanometer wird von einem Zweigstrome durchflossen, dessen Stärke im Verhältnifs zu der Widerstandsänderung, also auch der Erwärmung steht. Es kam nun den Verfassern auf zwei Eigenschaften des Galvanometerausschlags an; erstens soll selbstverständlich das Instrument empfindlich sein; einer geringen Bestrahlung soll schon ein grofser Ausschlag entsprechen. Nicht minder wichtig aber ist sodann, dafs bei wiederholten Messungen sehr nahe dasselbe Resultat erhalten werde, dafs nicht etwa schon bei unbestrahltem Bolometer eine Bewegung der Magnetnadel vorkomme, was aus später zu besprechenden Gründen bei bolometrischen Messungen durchaus nichts Seltenes ist. Damit der Ausschlag bei gegebener Bestrahlung möglichst grofs werde, mufs zunächst der Zweig W_4 aus einem Metall bestehen, dessen Widerstand sich mit der Temperatur sehr stark verändert. Dies ist der Fall bei dem von Langley benutzten Eisen und nicht minder bei dem von den Verfassern zur Anwendung gebrachten Platin. Ferner mufs der Widerstand des bestrahlten Theiles ein möglichst grofser sein und gleichzeitig mufs die den Strahlen ausgesetzte Oberfläche eine grofse Ausdehnung haben. Beide Zwecke erreicht man, wenn man



Digitized by Google

dem Metall die Form eines recht dünnen Blechstreifens giebt, welcher, wenn es sich nicht um schmale Strahlungsbezirke, z. B. Spektrallinien handelt, gitterartig angeordnet wird, und zwar so, dafs der Strom die Stäbe des Gitters der Reihe nach durchfliefsen mufs. Durch die geringe Dicke des Gitters trägt man der ferneren Bedingung Rechnung, dafs nur eine geringe Masse zu erwärmen ist, so dafs bereits bei schwacher Wärmezufuhr eine beträchtliche Temperaturerhöhung eintritt. Das Bolometer reagirt dann ohne grofse Trägheit auf die eintreffenden Strahlen. — Der Ausschlag des Galvanometers ist ferner proportional der Stärke des benutzten Hauptstroms, und deshalb würde diese möglichst bedeutend zu wählen sein, wenn nicht noch andere Umstände, eben die Ursachen jener oben erwähnten Störungen, in Betracht kämen. Der Strom erwärmt nämlich die vier Brückenzweige und bringt dadurch selbst Widerstandsänderungen hervor. Ist nun schon aus anderen Gründen das Verhältnifs der Widerstände einer Brückenkombination dann für einen grofsen Ausschlag am günstigsten, wenn die vier Zweige gleichen Widerstand haben, so wird dies in Anbetracht des letzteren Umstandes um so mehr der Fall sein müssen; denn nur unter dieser Voraussetzung ist die in den vier einzelnen Zweigen entwickelte Wärmemenge dieselbe. Diese Widerstandsabgleichung genügt aber nicht. Trotz derselben bemerkt man, dafs die Nadel des Galvanometers in Bewegung geräth, sobald man den Strom schliefst, und dafs sie ihre Stellung ändert, wenn man eine andere Stromstärke benutzt. Der Grund liegt darin, dafs zwar die entwickelten Wärmemengen einander gleich sind, dafs aber die durch sie hervorgebrachten Temperaturerhöhungen auch noch abhängig sind von der Masse der Drähte, welche ja bei gleichem Widerstande noch sehr verschieden sein kann; ferner auch von der Form, da z. B. ein Blech die Wärme an die Luft schneller abgiebt, als ein Draht. Die Verfasser ziehen daraus den wichtigen Schlufs, dafs man sämtliche vier Zweige in jeder Beziehung einander gleich gestalten müsse.

Mittelst des Langleyschen Verfahrens, dünne Bleche dadurch herzustellen, dafs man feine Drähte flach hämmert, gelangt man zwar zu hinlänglich geringen Dicken, aber jene wünschenswerthe Gleichmäfsigkeit läfst sich nicht erzielen. Deshalb haben die Verfasser ein sinnreiches Verfahren angewendet, um dünne Platinbleche zu erhalten und gleichzeitig in der gewünschten Gitterform zu montiren. Ein Platinblech wird mit einem etwa zehnmal so dicken Silberblech zusammengeschweifst und ausgewalzt. Aus den ursprünglichen Dimensionen des Bleches und aus den Flächendimensionen, welche es während des

Digitized by Google

Walzens annimmt, ist seine Dicke bekannt und kann beliebig regulirt werden. Unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmafsregeln läfst sich dies Verfahren bis zu einer Dicke der Platinschicht von etwa 0.0003 mm fortsetzen; die Verfasser haben eine Schicht von 0.001 mm benutzt. Das aus den beiden Metallen bestehende Blatt wird auf Glas geklebt und mittels der Theilmaschine in die betreffende gitterartige Form geschnitten. Dann wird es auf einen kleinen Rahmen aus isolirendem Material geklebt und fertig montirt, also mit Zuleitungsdrähten versehen u. s. w. Erst jetzt löst man die Silberschicht mit Salpetersäure ab. Weitere technische Kunstgriffe über die Behandlung des überaus dünnen Blättchens, ferner die Schutzvorrichtungen gegen Luftzug u. s. w. wollen wir nicht im einzelnen verfolgen. Versuche, bei welchen eine kleine Glühlampe von ungefähr drei Kerzenstärken aus 1 Meter Entfernung das Bolometer bestrahlte, ergaben grofse Galvanometerausschläge, welche bei mehreren Versuchen sehr nahe übereinstimmten; der wahrscheinliche Fehler betrug nur 0.01 pCt.

Man kann nach alledem sagen, dafs die Möglichkeit, genaue Strahlungsmessungen vorzunehmen, durch dieses zuverlässige neue Instrument eine wichtige Bereicherung erfahren hat. Sp.

Neue Kometen. Am 6. November wurde von Holmes in Greenwich im Sternbilde der Andromeda ein heller Komet entdeckt. Die Bahnelemente desselben konnten erst kürzlich sicher bestimmt werden und es hat sich dabei herausgestellt, dafs die anfängliche Vermuthung, seine Bahn fiele mit der des Bielaschen Kometen zusammen, falsch war. Doch ist auch der Holmessche Komet ein periodischer von 7 Jahren Umlaufszeit, der sich dem Jupiter stark nähern kann. — Am 21. November ist ferner von Brooks noch ein als hell bezeichneter Komet in der Jungfrau, am 24. November von Freemann ein weiterer, schwacher Komet in den Zwillingen entdeckt worden, so dafs zur Zeit im Ganzen fünf teleskopische Kometen beobachtbar sind.

Digitized by Google

Lamberts Photometrie. Deutsch herausgegeben von E. Anding. Nr. 31, 32 und 33 von Ostwalds Klassikern der exacten Wissenschaften. Preis Mk. 2,00, 1,60 u. 2.50. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. 1892.

Das vorliegende Werk kann mit Fug und Recht als eine der schätzbarsten unter den vielen werthvollen Gaben bezeichnet werden, welche uns Ostwalds Unternehmen der Herausgabe von „Klassikern der exakten Wissenschaften" bereits bescheert hat. Anding, ein Schüler Professor Seeligers, der ersten gegenwärtigen Autorität auf dem Gebiete der Photometrie, liefert in dem vorliegenden Werke nicht nur eine sorgfältige deutsche Uebersetzung des für einen wichtigen Zweig der Astrophysik und viele Fragen der Beleuchtungstechnik gleich bedeutsamen Canons des photometrischen Calculs, sondern fügt dem Werke noch eine reiche, sieben Druckbogen füllende Sammlung von eigenen Anmerkungen hinzu, welche theils einige Weglassungen von gröfserem Umfange begründen, theils Unklarheiten im Ausdruck des Originals klarzustellen suchen, vornehmlich aber das Buch durch historisch-kritische Nachweise so weit zu vervollständigen bestimmt sind, dafs es auch für den Gelehrten der Gegenwart als ein Lehr- und Handbuch bei der Behandlung photometrischer Aufgaben benutzt werden könne. In Anbetracht dieser Bestimmung ist es besonders dankenswerth, dafs nicht blofs die Druckfehler und Flüchtigkeiten, von denen das Original strotzt, richtig gestellt sind, sondern dafs auch alle Formelentwickelungen aufs genaueste geprüft und von nicht wenigen in ihnen enthaltenen Rechenfehlern befreit worden sind. Als recht dringendes Desideratum, dem vielleicht durch einen Nachtrag noch bald Genüge geleistet werden könnte, müssen wir jedoch eine Inhaltsübersicht nebst gutem Sachregister hervorheben. Gerade bei einem so vielerlei Probleme behandelnden Werke ist die Erleichterung der Benutzung durch ein gutes Register ausserordentlich wünschenswerth. Auch wäre sicherlich ein an den betreffenden Stellen des Textes angebrachter Hinweis auf die Anmerkungen recht zweckmässig gewesen. Solche formale Mängel vermögen indessen natürlich nicht im mindesten den hohen Werth der vorliegenden mühevollen Arbeit zu verringern. F. Kbr.

Newcomb-Engelmanns Populäre Astronomie. Zweite vermehrte Auflage, herausgegeben von Dr. H. C. Vogel, Direktor des astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam. Leipzig 1892, Verlag von Wilhelm Engelmann. Preis M. 13, geb. M. 15.

Die zum ersten Male im Jahre 1881 in deutscher Sprache erschienene populäre Astronomie des berühmten Amerikaners Simon Newcomb vereinigt

Digitized by Google

anerkanntermafsen so viele und bedeutende Vorzüge in sich, dafs sie trotz der nicht geringen Anzahl guter, zum Theil sogar musterhafter Darstellungen desselben Gegenstandes durch deutsche Gelehrte bei den Gebildeten unseres Vaterlandes eine ausserordentlich günstige Aufnahme gefunden hat. Diese Vorzüge beruhen im wesentlichen in der sonst kaum erreichten Präzision und Klarheit der Darstellung, in der starken Betonung des historischen Entwickelungsganges der Wissenschaft und vor allem in einer trotz populären, vielfach sogar begeisterungsvollen Ausdrucks niemals ins Phrasenhafte verfallenden Wissenschaftlichkeit, welche das ganze Werk erfüllt und welche es auch dem Fachmanne zu einem ihm stets zur Seite liegenden Kompendium der wichtigsten Grundlehren seiner Wissenschaft werden liefs. Der Leser darf in dem Buche keine blofs unterhaltende Nachmittagsplauderei suchen, sondern er mufs mit dem Vorsatz an die Lektüre gehen, sich in die Grundzüge der Himmelswissenschaft durch intensives, eigenes Nachdenken zu vertiefen. Das denkende Erfassen des Inhalts einer so erhabenen Wissenschaft wird ihm aber dafür auch den höchsten geistigen Genufs verschaffen, dessen Menschen fähig sind, und statt oberflächlicher Halbbildung wird er eine wahre, Zinsen tragende Durchbildung seiner Weltauffassung gewinnen.

Der einzige Fehler des Werkes war der, dafs es infolge des gewaltigen Fortschritts der Sternkunde im letzten Jahrzehnt jetzt bereits als theilweise veraltet gelten mufste. Daher begrüfsen wir es mit grofser Freude, dafs es nunmehr in verbesserter Auflage, dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft angepafst, erscheint. Diese Freude wird noch durch den Umstand besonders erhöht, dafs es der Verlagshandlung gelungen ist, an Stelle des leider inzwischen verstorbenen, verdienten Herausgebers Rud. Engelmann Herrn Geheimrath Vogel in Potsdam zu gewinnen. Wer selbst einen so hervorragenden Antheil an der Förderung der Wissenschaft genommen, wie dieser Gelehrte, kann am besten den relativen Werth der zahlreichen neueren und neuesten Entdeckungen beurtheilen und ihnen den gebührenden Platz in einem Werke, wie dem vorliegenden, anweisen. Besonders günstig für die Neugestaltung des Buches ist ferner der Umstand gewesen, dafs der Bearbeiter ein Astrophysiker ist, denn dadurch wurde den astrophysikalischen Gebieten, die bei Newcomb, dem grofsen Meister der Theorie, etwas zu kurz gekommen waren, die ihnen in einer populären Astronomie zukommende Stellung gesichert. Letzteres Ziel konnte freilich nur durch eine mühevolle, gänzliche Umgestaltung ganzer Abschnitte erreicht werden. Herr Geheimrath Vogel hat es trotzdem verstanden, das Werk ohne wesentliche Vergröfserung seines Umfanges auf die Höhe der heutigen Wissenschaft zu heben. Die äufsere Ausstattung ist ebenfalls wesentlich bereichert worden, nicht blofs infolge Ersetzung zahlreicher minderwerthiger Illustrationen durch neue, vortreffliche Holzschnitte, sondern auch durch die Hinzufügung einer photographischen Tafel, welche vorzügliche Aufnahmen des Orion- und Andromeda-Nebels in direkten Original-Abzügen vor Augen führt. Wünschenswerth wäre wohl auch eine Reproduktion der epochemachenden neuen Mars- und Merkurzeichnungen Schiaparelli's gewesen, zumal eine Abbildung des letzteren Planeten gänzlich fehlt. Die Weglassung des in der früheren Auflage als Anhang beigegebenen Litteraturverzeichnisses, sowie der Sternkarte werden viele Leser mit uns bedauern, indessen kann man freilich den dafür mafsgebend gewesenen Gründen nicht unbedingt widersprechen. Schliefslich können wir an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen, dafs zu den grösten, in einem besonderen Verzeichnifs aufgezählten Fernrohren auch der durch Versehen fortgelassene 12zöllige Refraktor der Urania in Berlin gehört. —

Dafs das vortreffliche Werk in seiner neuen Gestalt zahlreiche neue Freunde

Digitized by Google

in Kurzem gewinnen wird, ist uns nicht zweifelhaft; dem Herausgeber werden die Gebildeten unserer Nation sicherlich überaus dankbar dafür sein, dafs er trotz seiner wichtigen Forschungsarbeiten die mühevolle Durchsicht und Neugestaltung der Darstellung des heutigen astronomischen Wissens auf sich genommen hat. F. Kbr.

W. Jansen, Hauptmann a. D.: **Die Kreiselbewegung. Untersuchung der Rotation von Körpern, welche in einem Punkte oder garnicht unterstützt sind.** Mit vielen Abbildungen. Berlin, Friedrich Luckhardt. 1891.

Eine Reihe werthvoller Versuche über die Bewegung des Kreisels und über das Verhalten geschofsartiger, um ihre Längsachse rotirender Körper ist hier anschaulich beschrieben. In den aufgestellten Theorien und der Deutung der Versuche können wir nicht überall mit dem Verfasser übereinstimmen.

Steht ein rotirender Kreisel in tiefer Lage auf einer wagerechten Platte, so scheint anfangs, während mehrerer Umdrehungen, seine Achse ihre Richtung unverändert beizubehalten, bei längerer Beobachtung erkennt man aber, dafs nur ihre Neigung gegen den Horizont eine bleibende ist, während eine langsame seitliche Richtungsänderung stattfindet. Die Achse, die man sich weit nach oben verlängert denken mag, scheint also jetzt einen Kegelmantel zu beschreiben und zwar, nach dem einfachen Merkmal des Verfassers, in derselben Richtung, in welcher sich die Rotation des Kreisels vollzöge, wenn man seine Achse zu senkrechter Lage aufrichtete. Hiermit ist die Bewegung noch nicht durch alle Phasen verfolgt. Der Kegelmantel wird mit der Zeit enger, es findet also ein langsames Aufrichten der Achse statt, welches man gewöhnlich als eine von der Reibung herrührende Unvollkommenheit betrachtet. Man ist hierzu berechtigt, weil die mathematische Theorie des Kreisels unter Vernachlässigung der Reibung zu dem Resultate führt, dafs die Achse, von periodischen Schwankungen abgesehen, eine konstante mittlere Neigung bewahrt. Die Erscheinungen bleiben ähnlich, wenn man die Spitze des Kreisels zwingt, in einem festen Punkte der Platte zu verharren, nur zeigt dann der Versuch ein allmähliches Sinken der Achse, welches jedenfalls der Reibung zuzuschreiben ist.

Der Verfasser bezweifelt den eben dargelegten Einfluls der Reibung und sucht durch Versuche genaueres zu ermitteln. Ein Kreisel mit schmiedeeiserner Spitze richtete seine Achse zur Senkrechten auf, wenn er auf einer Glasplatte lief, wurde diese mit einem Blatt Papier bedeckt, so durchbohrte er dieses und richtete sich wieder auf. Lag aber eine Schicht von vier Blättern auf der Platte, so senkte sich die Achse, nachdem sich die Spitze ein Lager gebohrt hatte. Im ersten Falle sei fast gar keine Reibung vorhanden, im zweiten eine mässige, im dritten finde die Achse in dem Lager eine sehr starke zapfenartige Reibung. Also finde bei fehlender Reibung ein Aufrichten der Achse statt, dieses werde durch eine geringe Reibung erschwert, und gehe bei starker Reibung sogar in ein Sinken über. Diese Schlüsse sind unzulässig. Im ersten Falle ist die Reibung durchaus nicht völlig beseitigt, im zweiten und dritten hat sie, so lange die Papierblätter unversehrt sind, einen und denselben Werth, ist aber erst die Papierschicht durchbohrt, so sind die mechanischen Bedingungen so verändert, dafs man die drei Bewegungen nicht mehr nach der Gröfse der Reibung allein vergleichen kann. In dem dritten Fall wird die Spitze des Kreisels durch die vier Papierränder so fest gehalten, wie etwa der feste Punkt

Digitized by Google

der Achse eines Gyroskopes, im zweiten Fall scheint die äufserste feine Spitze der Achse noch genug Spielraum zu ihren spiralförmigen Bewegungen gehabt zu haben, die sich auf Glas, nicht auf Papier vollzogen.

Schliefst man sich jedoch der Auffassung des Verfassers an, so steht man nun vor der Frage, wie das Aufrichten der Kreiselachse ohne Einwirkung der Reibung zu begreifen sei. Bei vollkommener Symmetrie des Kreisels hält der Verfasser — in Uebereinstimmung mit der üblichen Ansicht — ein solches in der That für unmöglich, er nimmt deshalb an, dafs ein wesentliches Erfordernifs für das Aufrichten eine praktisch immer vorhandene Asymmetrie sei. Stellte er eine solche künstlich her, indem er leidlich symmetrische Kreiselscheiben mit Uebergewichten von 1, 2, 3, 4 g versah, so fand das Aufrichten etwa in 180, 90, 45, 10 Sek. statt, also desto schneller, je gröfser das Uebergewicht war. Sollte man hiernach nicht erwarten, dafs, wenn es wirklich vor allem auf die Asymmetrie, nicht auf die Reibung ankomme, bei einem fast unmerklichen Uebergewicht von etwa 100 mal kleinerem Werth das Aufrichten der Achse eine aufserordentlich lange Zeit erfordern müfste? Auch scheint es für die Wirkung gleichgültig zu sein, ob man das Uebergewicht in diesem oder jenem Punkte des Scheibenumfangs befestigt. Brächte man also je 1 g in vier am Umfang gleichmäfsig vertheilten Punkten an, so sollte dadurch das Aufrichten ebenso wie durch 4 g in einem Punkte beschleunigt werden, aber der Kreisel wäre doch dann wieder vollkommen symmetrisch!

Wir glauben daher nicht, dafs die Versuche mit unsymmetrischen Kreiseln wesentlich dazu beitragen können, das Aufrichten der Achse gewöhnlicher Kreisel zu erklären. Damit soll ihnen jedoch ihr Werth für weitere Untersuchungen nicht abgesprochen werden.

Von den vielen Versuchen über das Verhalten geschofsartiger, in der Luft frei rotirender Körper heben wir folgenden heraus. Aus Birkenholz war ein Rotationskörper hergestellt, der die Gestalt eines Cylinders mit aufgesetzter konischer Spitze hatte, der Boden war mit einer Bleischeibe beschwert. Liefs man diesen Körper ohne Rotation aus einer Höhe von 15 m frei herabfallen, und hatte die Achse anfangs eine horizontale Lage, so stellte sie sich nach einigen Schwankungen vertikal in die Richtung der Bahnlinie, so dafs der beschwerte Boden voranging. Gab man aber durch eine besondere Vorrichtung mittelst einer starken Spirale dem mit der Spitze nach vorn gerichteten Körper bei Beginn der Bewegung eine starke Rotation in Richtung des Uhrzeigers um seine horizontale Achse, in deren Verlängerung ein langes dünnes Holzstäbchen befestigt war, so blieb die Rotationsachse anfangs sich selbst parallel, und drehte sich bei wachsender Fallgeschwindigkeit erheblich nach rechts. Dieser lehrreiche Versuch läfst sich leicht wiederholen, das Federgehäuse zum „Ankreiseln" ist als Zubehör mancher Kreisel (toupie à ressort, plus de ficelle) käuflich, die Holzkörper sind, um sie mittelst dieser Vorrichtung in Rotation zu versetzen, am Boden mit einer eisernen Achse zu versehen, die einen kleinen Querstift trägt. Läfst man denselben Körper auf der Spitze der eisernen Achse als Kreisel laufen, so dreht sich die Achse langsam in entgegengesetzter Richtung, also nach links. Dies scheint uns leicht verständlich. Denn die Drehung der Kreiselache um die festgehaltene Kreiselspitze rührt von der Einwirkung der im Schwerpunkt nach unten ziehenden Schwere her, dagegen rühren die Bewegungen des fallenden Geschosses um seinen Schwerpunkt von dem nach oben drückenden Luftwiderstande her, dessen Angriffspunkt vor dem Schwerpunkt liegt. Die Drehungen der Achse müssen deshalb in beiden Fällen einander entgegengesetzt sein.

Digitized by Google

Ebenso werden rotirende Geschosse ihre Achse um die augenblickliche Tangente zur Flugbahn drehen. Da aber bei diesen die Rotationsachse und die Bahntangente bei Beginn der Bewegung einander parallel sind, so wird die Abweichung zwischen beiden nie so grofs werden, wie in dem beschriebenen Versuche, wo die beiden Richtungen anfangs auf einander senkrecht standen. Aufser dem Luftwiderstande und der Lage des Schwerpunkts hat auch eine etwaige Unsymmetrie einen sehr grofsen Einflufs, den der Verfasser durch sorgfältige Versuche zu ermitteln sucht. Wir glauben aber, dafs er mit Unrecht diesen Einflufs auch dann noch für erheblich und ausschlaggebend hält, wenn die Unsymmetrie selbst kaum merklich ist.

Die astronomischen Folgerungen, die sich aus einer angenommenen Asymmetrie des Erdkörpers ergäben, dürften wohl mit den augenblicklich zur Verfügung stehenden Beobachtungsmitteln noch nicht wahrnehmbar sein. M. K.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Land- und Seeklima.

Von Dr. Willi Ule in Halle a. S.

Wäre das Klima der Erde nur von der Gröfse der Sonnenbestrahlung abhängig, so müfste es den mathematisch-astronomischen Linien, mit denen wir unseren Planeten umziehen, durchaus angepafst erscheinen. Durch die Wendekreise und die Polarkreise wären die wichtigsten klimatischen Zonen gegeben. Indefs ein solches solares Klima ist in Wirklichkeit nicht vorhanden. Dasselbe würde eine vollständige Gleichartigkeit der Erde in Gestalt und Beschaffenheit voraussetzen und auch das Vorhandensein einer in ihren Bestandtheilen veränderlichen Atmosphäre ausweisen. Das Klima ist eben keineswegs allein von der Menge der Sonnenstrahlen abhängig. Ob Wasser oder Land, ob Vegetation oder Wüste, ob Gebirge oder Ebenen die Oberfläche der Erde bilden, ist oft von weit gröfserer Bedeutung für den klimatischen Zustand eines Ortes, als die geographische Breite desselben. Mit dem Vorwalten dieses oder jenes Faktors ändert sich die Wirkung der Sonnenstrahlen und damit das Klima, d. h. die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen.

Dem solaren, ideellen Klima steht ein von den tellurischen Verhältnissen modifiziertes, aber reales Klima gegenüber.

Dieses sogenannte physische Klima zeigt in einer mit der Zunahme des Beobachtungsmateriales sich stetig mehrenden Klarheit zwei grofse klimatische Gruppen, von denen die eine, durch die vertikalen Verhältnisse verursacht, als Höhen- und Thalklima, die andere, durch die horizontale Vertheilung von Wasser und Land bedingt, als See- und Landklima uns entgegentritt.

Gerade die letzte Gruppe ist es, welche der Erdoberfläche in mancherlei Hinsicht bestimmte Züge aufprägt und welche darum in

Digitized by Google

der Erdkunde einen der wichtigsten Faktoren ausmacht. Wenn schon den Gelehrten des klassischen Alterthums der klimatische Gegensatz von Wasser und Land bekannt war, so beweist das doch gewifs, wie aufserordentlich hervorspringend die ganze Erscheinung ist.

Doch die uralte Kenntnifs der Thatsache hat nicht ebenso schnell auch zur Ergründung derselben geführt. Erst der allerjüngsten Zeit blieb es vorbehalten, die durch die Beobachtung erwiesene Erscheinung auch physikalisch zu erklären. Der Grund hierfür liegt auf der Hand. Die physikalische Erklärung konnte nicht eher gefunden werden, als bis überhaupt die Physik der Luft in ihren wesentlichen Grundsätzen erforscht war. Gegenwärtig ist nun, Dank der unermüdlichen Thätigkeit der Gelehrten auf diesem Gebiete, die Kenntnifs von den Gesetzen, welche die atmosphärischen Vorgänge beherrschen, bis zu dem Grade fortgeschritten, dafs man ohne Bedenken an die Erklärung der wichtigsten klimatischen Erscheinungen herantreten kann.

Die beiden klimatischen Grundsätze Land- und Seeklima kommen naturgemäfs auch in den klimatologischen Karten deutlich zum Ausdruck. Die geographische Vertheilung der einzelnen klimatischen Konstanten soll uns daher als erster Leitfaden für unsere Untersuchung dienen.

Beginnen wir unsere Betrachtung mit der Vertheilung der Temperatur — diese bildet ja die letzte Ursache aller meteorologischen Erscheinungen —, so begegnen wir hier zunächst einer geradezu endlosen Mannigfaltigkeit. Manches dem Polarkreis nahe gelegene Land besitzt zeitweise eine höhere Temperatur, als andere Länder in der Nähe der Tropen; manche Gegend der gemäfsigten Zone wieder ist brennend heifs im Vergleich zu Gegenden des Aequatorialgebietes; selbst unter dem Aequator finden wir auf den höchsten Gipfeln ewigen Schnee und Eis. Unentwirrbar würde das Netz von Linien sein, welche die Orte gleicher Temperatur mit einander verbänden. Um Uebersicht in diese Mannigfaltigkeit zu bringen, ist es nöthig, der Thatsache Rechnung zu tragen, dafs die Temperatur der Luft mit der Erhebung abnimmt. Dies geschieht durch Reduktion der Temperatur auf ein gemeinsames Niveau, als welches man den Spiegel des Meeres bestimmt hat. Verbindet man dann die Orte gleicher reduzierter Wärme mit einander, so bekommt man eine Reihe von Linien, sogenannte Isothermen, welche zwar immer noch vielfache Krümmungen aufweisen, aber doch im allgemeinen einen übersichtlichen Verlauf zeigen.

Die geographische Vertheilung der Temperatur ist nun während

Digitized by Google

des Jahres einem beständigen Wechsel unterworfen; dem Stande der Sonne entsprechend ist sie eine andere im Sommer, eine andere unter der Herrschaft des Winters. Die mittlere Jahrestemperatur wird oft diese jahreszeitlichen Gegensätze verhüllen. Ein Ort mit aufserordentlich kaltem Winter und heifsem Sommer wird im Jahresmittel die gleiche Temperatur haben können, wie ein anderer Ort, dessen Sommer und Winter sich in thermischer Hinsicht nur wenig von einander unterscheiden. Für eine Untersuchung, in welcher es sich gerade um die verschiedene Erwärmung einzelner Theile der Erde handelt, wird sich daher die Jahrestemperatur nur wenig eignen; hier sind zur Prüfung vielmehr die thermischen Zustände im Sommer

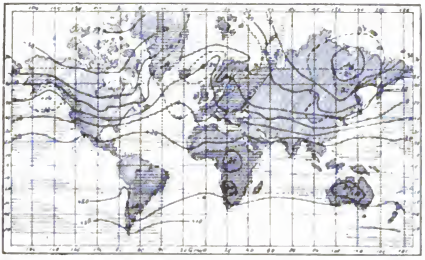


Fig. 1. **Januarisothermen** (nach Hann) **und Januarisanomalen** (nach Spitaler). (Die schraffierten Gebiete haben positive Anomalie).

und Winter gesondert heranzuziehen, die uns die Vertheilung der Temperatur kennen lehren sowohl zur Zeit des höchsten Standes der Sonne, also der stärksten Erwärmung der Erde, wie zur Zeit der geringsten Erwärmung derselben.

Wenden wir zunächst unseren Blick auf die Karte der Wärmevertheilung auf der Erde während unseres Winters (Fig. 1), für die man als typisch diejenige des Januar annimmt. Hier zeigen sich in dem Verlauf der Isothermen innerhalb der mittleren und höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre aufserordentlich charakteristische Erscheinungen. Die Isothermen senken sich regelmäfsig bei dem Uebergang vom Meere zum Lande äquatorwärts, zuweilen in dem Mafse, dafs ihre Richtung sogar eine rein meridionale wird. Dieses Herabsteigen der Isothermen nach niederen Breiten setzt sich dann über den ganzen Kontinent hin fort und erst in der Nähe der entgegengesetzten Küste beginnen dieselben, sich wieder nach Norden

Digitized by Google

zu erheben. Ueber den Ozeanen selbst aber gehen sie weit in die nördlichen Regionen hinein, von denen sie dann bei der Annäherung zum jenseitigen Kontinent wieder zu niederen Breiten zurückkehren. Wenn wir daher auf einem nördlichen Parallelkreis während des Januar die Erde umkreisen wollten, so würden wir bei dem Eintritt in das Land stets in immer kältere Gebiete gelangen, während der Austritt aus demselben uns umgekehrt gröfserer Wärme zuführen müfste. Das Klima über dem Lande ist somit während des Winters kalt, das über dem Meere verhältnifsmäfsig warm.

Allein nicht auf der ganzen Winterhemisphäre ist dies der Fall. In den niederen Breiten zeigen die Isothermen geradezu den umgekehrten Verlauf. Schon die 20° — Isotherme, welche ganz der Tropenzone angehört, kann theilweise als Belag hierfür gelten; sie beschreibt über Nordafrika und Südasien deutlich einen nach Süden geöffneten Bogen. In den niederen Breiten, wo Winter und Sommer keine klimatisch scharf getrennten Jahreszeiten sind, ist also im allgemeinen während des Januar das Land das wärmere, das Meer das kältere Gebiet.

Ein ganz anderes Bild bieten die Juliisothermen (Fig. 2), welche die sommerliche Temperaturvertheilung auf unserer Hemisphäre repräsentieren, dar. Im Juli verlaufen die Linien gleicher Temperatur derart, dafs sie gerade bei dem Eintritt in das Land nach Norden ansteigen und erst bei der Annäherung an die entgegengesetzte Küste sich wieder nach Süden wenden. Auf den Meeren aber bilden in dieser Jahreszeit die Isothermen im allgemeinen sanfte, nach Norden geöffnete Bogen. Es führt uns zur Zeit des Sommers demnach eine Wanderung auf dem Parallel um die Erde bei dem Uebertritt vom Flüssigen zum Festen in warme, vom Festen zum Flüssigen in kalte Gebiete. Und dieser Satz gilt sowohl für die höheren wie für die niederen Breiten. Auch in den Tropen ist im Juli das Landklima warm, das Seeklima kalt.

Was wir hier für die Nordhemisphäre über den Verlauf der Isothermen feststellen konnten, findet sich auch auf der südlichen Erdhälfte bestätigt. Dort freilich ist das Bild kein so klares, weil die südhemisphärischen Landmassen gegenüber der Ausdehnung der Ozeane verschwindend klein sind. Je weiter polwärts wir uns dort begeben, um so mehr treffen wir ein rein ozeanisches Klima an, in welchem die Temperatur gleichmäfsig um die ganze Erde vertheilt ist.

Der Gegensatz von Land- und Seeklima tritt uns recht deutlich auch

Digitized by Google

in den von Dove zuerst entworfenen sogenannten Isanomalenkarten entgegen. Dove berechnete die mittlere Temperatur eines jeden zehnten Breitenkreises und stellte dann fest, wie weit an den einzelnen Orten die beobachtete Wärme von der entsprechenden Breitentemperatur abweicht. Man bezeichnet diese Abweichung als die thermische Anomalie; sie gilt als positiv, wenn der Ort wärmer, als negativ, wenn er kälter ist als die ihm zukommende Breitentemperatur. Verbindet man nun die Orte gleicher Anomalie durch Linien mit einander, so erhält man durch diese Isanomalen, die jetzt von Spitaler neu konstruirt sind, ebenfalls ein vortreffliches Bild von der Wärmevertheilung auf der Erde. Diese Karte der Isanomalen, sowohl die

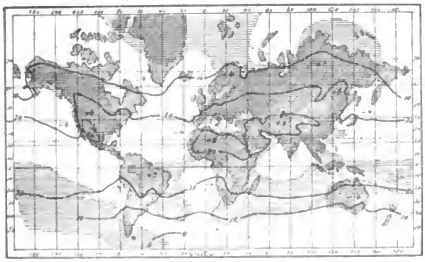


Fig. 2. **Juliisothermen** (nach Hann) **und Juliisanomalen** (nach Spitaler). (Die schraffierten Gebiete haben positive Anomalie).

für den Januar, wie die für den Juli, bestätigen ganz unsere oben gekennzeichnete Wahrnehmung von dem thermischen Gegensatz zwischen Land- und Seeklima. Im Januar (Fig. 1) finden wir auf der nördlichen Hemisphäre die zu kalten Gebiete auf dem Festland, während über dem Meere und an den Küsten fast überall ein positiver Ueberschufs von Wärme vorhanden ist. Nur in den niederen Breiten liegen zu dieser Jahreszeit wieder die Verhältnisse zum Theil gerade umgekehrt. Im Juli (Fig. 2) dagegen wird das Land eingenommen von einer zu warmen Atmosphäre; die negative Anomalie fällt dann den Meeren und Küsten zu.

Wenn nun das Klima über dem Lande im Winter kälter, im Sommer wärmer als dasjenige über dem Meere ist, so müssen wir nothwendig daraus folgern, dafs ersteres sich durch eine gröfsere jährliche Wärmeschwankung auszeichnet. Man hat auch diese Verhält-

Digitized by Google

nisse kartographisch dargestellt, indem man die Orte gleicher jährlicher Wärmeschwankung mit einander verband. (Fig. 3). Diese Karten bestätigen in der That unseren Schlufs. Mit der Entfernung von der Küste sehen wir überall die jährliche Wärmeschwankung zunehmen. Die gröfsten Beträge finden wir im Inneren der Kontinente. Während über den Meeren die jährliche Wärmeschwankung kaum 15° im Maximum erreicht, besteht in Ostsibirien zwischen Januar- und Julitemperatur ein Unterschied von über 60°. Die Regelmäfsigkeit in der Zunahme der Wärmeschwankung nach dem Innern der Festländer hat Supan dazu geführt, in die sonst so verschiedenartig charakterisierten

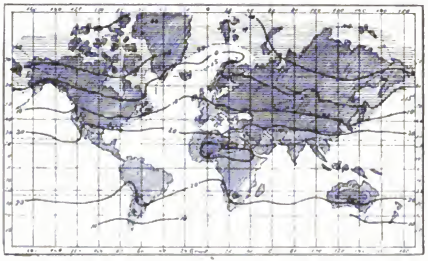


Fig. 3. **Jahresisothermen** (nach Hann) **und Linien gleicher jährlicher Wärmeschwankung** (nach Supan und Wild).
(Die schraffierten Gebiete besitzen kontinentales Klima mit jährlicher Temperaturschwankung über 20°).

Klimate der Erde ein gewisses System zu bringen. Ein Land, in welchem die jährliche Wärmeschwankung noch nicht 15° beträgt, rechnet er dem Seeklima zu. Umfafst aber die Wärmeschwankung mehr als 20°, so gilt das betreffende Gebiet in klimatischer Hinsicht als kontinental. Der Streifen Landes, dessen extreme Monatstemperaturen um 15° bis 20° von einander abstehen, gehört dem Uebergangsklima an. Wo die jährliche Wärmeschwankung jedoch gar 40° übersteigt, da spricht man nach Supan von einem exzessiven Landklima. Dasselbe ist nur in der Umgebung der winterlichen Kältepole der Erde — in Ostasien und im Norden Amerikas — zu finden.

Für den Theil der Erde, wo Sommer und Winter nur astronomisch vorhanden sind, d. i. für die Tropen, haben natürlich diese Sätze keine Gültigkeit. Hier ist gleichmäfsig auf dem Wasser und

Digitized by Google

dem Lande die jährliche Wärmeschwankung gering; das Aequatorialklima deckt sich in dieser Beziehung ganz mit dem Seeklima.

Aus den Isanomalenkarten (Fig. 1 und 2) können wir weiter noch eine andere wichtige Thatsache entnehmen. Betrachten wir nämlich den absoluten Betrag der positiven und negativen Anomalie, so sehen wir, dafs während unseres Winters über dem Inneren Asiens ein Gebiet liegt, das um 24° zu kalt ist. Dieser negativen Anomalie von 24° steht aber im Juli nur eine positive von 6° gegenüber. Das Land ist also hier im Winter weit kälter, als es im Sommer zu warm ist. Das arithmetische Mittel mufs somit auch für die Jahrestemperatur in Ostasien einen niedrigen Betrag ergeben. Auf dem nordatlantischen Ozean ist das Umgekehrte der Fall. Dort finden wir die positive Anomalie zu 24°, die negative im Sommer aber nur zu 2 bis 6°; hier ist also die Jahrestemperatur verhältnifsmäfsig hoch. Aehnlich erscheinen die thermischen Zustände über dem nordamerikanischen Kontinent und dem nordpazifischen Ozean. Es ergiebt sich hieraus der Schlufs, dafs in der Vertheilung der mittleren Jahrestemperatur das Festland gegenüber dem Meere als das kältere hervortreten mufs. In der That zeigen uns auch auf der Nordhemisphäre die Jahresisothermen (Fig. 3) in ihrem Verlauf dasselbe Bild, das wir in den Januarisothermen kennen lernten. Bei dem Uebergang vom Festen zum Flüssigen senken sich die Linien nach Süden, bei dem Austritt aus dem Festen erheben sie sich wieder nach Norden.

Wiederum aber gilt dieser Satz nur für die mittleren Breiten. In den Tropen ist im allgemeinen die mittlere Jahrestemperatur über dem Ozean geringer als über dem Kontinent. Auch auf die mittleren Breiten der Südhemisphäre läfst er sich nicht ohne weiteres übertragen. Dort überwiegt die Wasserfläche das Land in so hohem Mafse, dafs das letztere in thermischer Hinsicht nicht recht zur Geltung kommt. Vor allem fehlt hier jene winterliche Erkaltung, wie sie auf den nordhemisphärischen Kontinenten uns entgegentritt. Daher entscheidet denn auch für den Verlauf der Jahresisothermen auf der Südhemisphäre nur die sommerliche Erhitzung der Kontinente. Die Jahresisothermen schmiegen sich den Januarisothermen an, wo das Land das wärmere Klima besitzt.

Die vorhergehenden Betrachtungen, besonders die letzte Thatsache, drängen uns die Vermuthung auf, dafs in den mittleren Breitentemperaturen, wie sie Dove und Spitaler berechnet haben, die jedesmalige Ausdehnung von Festland und Meer zum Ausdruck kommen müsse. Prüfen wir daraufhin die auf umstehender Figur (Fig. 4) in

Digitized by Google

graphischer Darstellung wiedergegebenen Resultate jener Berechnungen, so möchten wir wohl den Schlufs wagen, dafs die Temperaturvertheilung in der That unserer Vermuthung entspricht. Und wirklich ist es der Forschung gelungen, die mittlere Temperatur eines Breitengrades als eine Funktion der geographischen Breite und des Verhältnisses von Wasser und Land darzustellen. Die aus den Beobachtungen ermittelten Werthe konnten auf eine allgemeine Formel gebracht werden, welche nunmehr auch einen Schlufs auf die mittlere Breitentemperatur selbst klimatisch unbekannter Gebiete gestattete. Diese Formel ist unter anderem dazu benutzt worden, die mittlere Wärme der nördlichen und südlichen Hemisphäre, sowie die der ganzen Erde festzustellen. Spitaler, der diese Rechnung zuletzt ausgeführt hat,

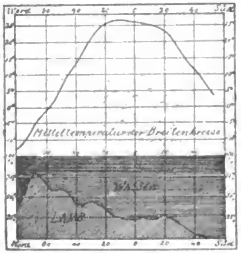


Fig. 4. **Mitteltemperatur der Breitenkreise und Vertheilung von Wasser und Land.**

ist dabei zu dem interessanten Ergebnifs gekommen, dafs die mittlere Jahrestemperatur beider Erdhälften nahezu gleich ist. Dieselbe beträgt rund 15° C. Allein diese Temperatur vertheilt sich nicht gleichmäfsig über das Jahr, sondern es hat die gesamte Erde, wie Dove bereits vermuthete, nur einen Sommer im Juli mit einer Mitteltemperatur von 17,4° und einen Winter zur Zeit des Januar mit 12,8°. Nach Spitaler beträgt nämlich die Mitteltemperatur

	im Januar.	im Juli
der nördlichen Erdhälfte	7,97°	22,54°
der südlichen Erdhälfte	17,54°	12,35°

Das Übergewicht der nordhemisphärischen Landmasse tritt in diesen Zahlen deutlich hervor. Wie ist nun der aus den Beobachtungen sich ergebende thermische Gegensatz von Land- und Seeklima physikalisch zu erklären?

Die hauptsächlichste Wärmequelle der Erde ist die Sonne. Die

Digitized by Google

Wärmestrahlen derselben durchdringen unsere Atmosphäre und erwärmen den Erdboden. Dieser theilt dann die empfangene Wärme durch Rückstrahlung und Leitung der umgebenden Luft mit. Zeigten nun alle Körper gegenüber der Wärmestrahlung dasselbe Verhalten, d. h. wäre das Vermögen, die zugestrahlte Wärme in sich aufzunehmen und die aufgenommene wieder auszustrahlen, für sämtliche Körper, welche die Erdoberfläche bilden, das gleiche, so müfste die geographische Vertheilung der Temperatur zweifellos eine regelmäfsige, an die mathematischen Linien auf der Erde angepafste sein. Indefs, die Körper verhalten sich in dieser Beziehung aufserordentlich verschieden. Vor allem ist die spezifische Wärme des Wassers durchaus abweichend von der des festen Landes. Das Wasser besitzt von allen Körpern die gröfste Wärmekapazität, d. h. es braucht unter gleichen Umständen die gröfste Wärmemenge, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erreichen.

Setzen wir die spezifische Wärme des Wassers gleich 1, so ist dieselbe für das Land gleich 0,2 bei gleichem Gewicht beider Substanzen. Bei gleichem Volumen, worauf es nach Hann, dessen Handbuch der Klimatologie wir diese Zahlen entnehmen, hier allein ankommt, finden wir dagegen für das Land die spezifische Wärme von rund 0,6. Wenn demnach auf gleich grofse Flächen von Wasser und Land gleich grofse Wärmemengen fallen, so ist die dadurch bewirkte Temperaturerhöhung auf dem Lande fast zweimal so grofs wie die auf dem Wasser. Umgekehrt aber hat die geringe Wärmekapazität des Landes eine schnellere Abkühlung zur Folge. Besitzen also gleiche Flächen von Wasser und Land gleiche Temperatur, so erkaltet das Land bei Abgabe gleich grofser Wärmemengen fast um doppelt so viel Grade als das Wasser.

In diesem physikalischen Verhalten der verschiedenen Bestandtheile der Erdoberfläche ist der Gegensatz von Land- und Seeklima begründet. Der geringere Betrag der jährlichen Temperaturschwankung über dem Meere ist dadurch ohne weiteres erklärt. Allein jenes physikalische Gesetz giebt uns doch keinen Aufschlufs über die Ursache der niedrigeren Jahrestemperatur im Inneren der nördlichen Festländer. Hier müssen zweifellos zur Erklärung noch andere Faktoren herangezogen werden. Verfolgen wir darum noch einmal die Wirkung der Insolation auf dem Festen und Flüssigen.

Die Strahlen der Sonne erwärmen, wenn sie den festen Boden erreichen, zunächst nur dessen Oberfläche. Infolge des schlechten Wärmeleitungsvermögens des Landes theilt sich diese zugestrahlte

Digitized by Google

Wärme nur sehr langsam tieferen Schichten mit. Eine Schicht von 30 cm Dicke durchdringt sie im allgemeinen erst nach einem Zeitraum von 6 Stunden. Die Gesamtmenge der Sonnenwärme wird also nur in der obersten Schicht des Erdbodens aufgespeichert. Diese erhitzt sich allerdings während der Bestrahlung ziemlich bedeutend. Allein sie kühlt sich bei der Ausstrahlung wieder ebenso schnell und stark ab, und es wird ihr dann aus tieferen Schichten keine Wärme als Ersatz zugeführt. Ausstrahlung und Einstrahlung, so dürfen wir hiernach schliefsen, halten sich auf dem festen Lande, gleiche Zeitdauer für beide vorausgesetzt, ziemlich das Gleichgewicht.

Ganz anders ist das Verhalten des Wassers. Infolge der grofsen Diathermansie desselben kommt ein Theil der Sonnenstrahlen nicht an der Oberfläche, sondern erst in tieferen Schichten zur Wirkung. Es wird die zugestrahlte Wärmemenge dadurch auf breitere Massen vertheilt und in denselben aufgespeichert. Weiter setzt sich ein anderer Theil der Sonnenwärme auch sofort in Arbeit um, indem sie eine Verdampfung des Wassers an der Oberfläche bewirkt. Es ist also die grofse spezifische Wärme des Wassers nicht allein, welche die niedrige Sommertemperatur über den Meeren verursacht.

Dieser geringen Zunahme der Temperatur infolge der Bestrahlung steht eine noch geringere Ausstrahlung gegenüber. Die grofse Beweglichkeit des Wassers läfst die Temperatur an der Oberfläche sich überhaupt kaum vermindern. Denn kühlt sich auch das Wasser an der Oberfläche vorübergehend ab, so treten aus der Tiefe sofort wärmere Theilchen zum Ersatz hervor. Die Abkühlung findet eben nicht wie auf dem Lande nur an der Oberfläche, sondern stets gleichmäfsig in einer breiten Wasserschicht statt. Weiter verhindert dann auch noch das Freiwerden von Wärme bei der häufigen Verdichtung des Wasserdampfes, mit welchem die Luft über dem Meere ja fast stets nahezu gesättigt ist, sowie bei der Bildung des Eises im Winter, eine allzu grofse Wärmeausstrahlung. Alles das berechtigt zu dem Schlufs, dafs auf dem Wasser die Erwärmung durch die Insolation die Abkühlung infolge der Ausstrahlung entschieden überwiegt. Damit ist der Schlüssel zu der Thatsache gegeben, dafs in den mittleren Breiten die Jahrestemperatur im Seeklima gröfser ist, als diejenige im Landklima auf demselben Parallel.

Das oben gekennzeichnete thermische Verhalten von Wasser und Land verursacht zum Theil auch das kühlere Klima auf den äquatorialen Meeren. In den niederen Breiten steht nämlich der Zustrahlung von Wärme nur eine nächtliche, nicht aber eine jahreszeitliche Aus-

Digitized by Google

strahlung gegenüber. Die erstere überwiegt aber letztere, die Insolation giebt hier den Ausschlag für die mittlere Jahrestemperatur. Da nun die Erwärmung durch die Insolation auf dem Wasser geringer ist als auf dem Lande, so mufs also in den Tropen nothwendig die Luft über den Ozeanen im Jahresmittel kühler sein als über den Kontinenten.

Die Erwärmung des Landes unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen ist nun nicht nur eine intensivere, sondern vor allem auch eine weit schnellere, als diejenige auf dem Meere. Die Folge davon ist eine Verschiebung in dem Eintritt der extremen Werthe der Temperatur während der Jahresperiode. Die höchste Sommertemperatur fällt dort zuweilen erst auf den August, während im Kontinent unter mittleren Breiten überall der Juli als der wärmste Monat erscheint. Und analog fallen während der winterlichen Abkühlung der maritime Februar und der kontinentale Januar zusammen.

Um die einzelnen Faktoren klarer in ihrer Wirkung hervortreten zu lassen, war bisher von dem Einflufs, welchen die Atmosphäre selbst auf die Intensität der Sonnenstrahlen ausübt, abgesehen worden. Dieser Einflufs ist entsprechend dem häufig wechselnden Zustand der Atmosphäre ein sehr mannigfaltiger. Vor allem ändert sich die Absorptionsfähigkeit der Luft gegenüber den Wärmestrahlen der Sonne je nach dem Wasserdampfgehalt derselben. Dieser ist aber ein anderer über dem Meere, ein anderer über dem Lande. Zu dem thermischen Gegensatz von Land- und Seeklima gesellt sich also ein hydrometeorischer, der seinerseits wieder auf den Verlauf der Isothermen nicht unerheblich einwirkt.

Betrachten wir zunächst die geographische Vertheilung der Hydrometeore auf der Erde. Der Feuchtigkeitszustand eines Klimas findet seinen Ausdruck in der Gröfse der absoluten Feuchtigkeit, in der Bewölkung und in den Niederschlagsverhältnissen.

Für die geographische Vertheilung der absoluten Feuchtigkeit liegt uns kein übersichtliches Kartenmaterial vor. Doch können wir aus zahlreichen Beobachtungen den Schlufs ziehen, dafs im allgemeinen die absolute Feuchtigkeit nach dem Innern der Kontinente hin abnimmt. Dies stimmt auch mit der Thatsache überein, dafs der Wasserdampfgehalt der Luft bei gleicher Temperatur, gleichem Luftdruck und gleicher Windgeschwindigkeit nur von der Menge des in und auf dem Boden vorhandenen Wassers abhängt.

Die Karten, auf welchen uns Teisserenc de Bort die Bewölkungsverhältnisse der Erde zur Anschauung gebracht hat, zeigen

Digitized by Google

entsprechend der Verminderung der absoluten Feuchtigkeit ebenfalls eine Abnahme nach dem Innern der Kontinente. Heiterer Himmel ist häufiger über dem Lande als über dem Meere anzutreffen.

Auch in der Vertheilung der Niederschläge über die Erde können wir wohl die gleiche Wahrnehmung machen, dafs die Küsten der Kontinente reicher benetzt werden als das Innere derselben. Allein die Niederschlagsverhältnisse hängen weniger von der horizontalen Vertheilung von Wasser und Land als von der orographischen Gestaltung des letzteren, sowie von der Bewegung der Luft ab. Es ist demnach rathsam, dieselben nur mit Vorsicht in die Betrachtung hineinzuziehen. Jedenfalls erhellt aus dem Vorstehenden aber deutlich, dafs das ozeanische Klima das feuchtere ist. Diese Thatsache ist für die thermischen Gegensätze von Wasser und Land von grofser Bedeutung.

Der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft beeinflufst, wie erwähnt, das Wärme-Absorptionsvermögen der Atmosphäre. Wasserdampfreiche Luft läfst viel weniger Wärmestrahlen zur Erdoberfläche gelangen, als wasserdampfarme. Die sommerliche Erwärmung der Wasseroberfläche wird also auch dadurch noch gemindert. Weiter kommt dann der Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei der Wärmeausstrahlung des Bodens in erheblichem Mafse zur Geltung. Die Atmosphäre läfst nämlich, wenn sie mit Wasserdampf gesättigt ist, doch die leuchtenden Wärmestrahlen der Sonne fast unbehindert durch, ist dagegen gegenüber den dunklen Wärmestrahlen nur wenig diatherman. Die von der Erdoberfläche zurückgeworfene Wärme besteht aber nur aus dunklen Wärmestrahlen. Die Gröfse der Abkühlung der Erde durch Wärmeausstrahlung ist demnach von dem Wasserdampfgehalt der Luft abhängig. In Gebieten, wo die absolute Feuchtigkeit gering, d. i. im Innern der Kontinente, bedingt dies eine weit gröfsere winterliche Temperaturerniedrigung als in luftfeuchten Regionen, den Küsten und Meeren. Wir erkennen hierin einen neuen Grund, weshalb das ozeanische Klima auch in der mittleren Jahrestemperatur wärmer sein mufs, als das kontinentale.

Nun ist freilich mit einer gröfseren absoluten Feuchtigkeit auf den Meeren auch eine gröfsere Bewölkung verbunden. Bewölkung vermindert die Stärke der Insolation beträchtlich, aber sie schützt auch wieder in hohem Mafse die unteren Luftschichten vor Abkühlung durch Ausstrahlung. Es wird sich also jetzt allein darum handeln, welcher Einflufs der gröfsere ist. Das Ergebnifs zahlreicher Untersuchungen über den thermischen Einflufs der Bewölkung

Digitized by Google

können wir nun mit Hann in folgenden Satz zusammenfassen: „Ein geringerer Grad der Bewölkung bedeutet in höheren Breiten eine erhebliche Erniedrigung der Wintertemperatur und eine geringe Steigerung der Sommerwärme, das Resultat ist eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur. In niedrigen Breiten bewirkt die Abnahme der Bewölkung eine entschiedene Zunahme der mittleren Jahreswärme.“ Es ist uns durch diesen Satz mithin sowohl Aufklärung gegeben, warum trotz der stärkeren Bewölkung auf den Meeren mittlerer Breiten die Jahrestemperatur nicht erniedrigt erscheint, als auch, warum in den tropischen Regionen der Erde das wolkenfreiere Land im Jahresmittel das wärmere ist.

Auch die Niederschlagsverhältnisse dürften auf die thermischen Gegensätze von Land- und Seeklima einen nicht unerheblichen Einfluſs haben, einmal mittelbar dadurch, daſs der Regen den Boden benetzt und der Luft auf diesem Wege Feuchtigkeit zuführt, dann aber gewiſs auch durch den thermischen Prozeſs, der sich bei der Verdichtung des Wasserdampfes vollzieht. Bei dem Uebergang des Wassers aus dem gasförmigen zum flüssigen Zustand wird eine bedeutende Menge Wärme frei, welche der umgebenden Luft zu gute kommt. Doch in der Vertheilung der Niederschläge findet, wie oben bereits erwähnt, infolge der Einwirkung anderer Faktoren die Ausdehnung von Wasser und Land keinen so deutlichen Ausdruck, daſs dieser thermische Einfluſs sich überall unwiderleglich nachweisen lieſse. Gleichwohl lehrt die Statistik, daſs in den höheren Breiten, nördlich und südlich der subtropischen Regenzone, die Meere vorwiegend im Winter, die Kontinente im Sommer von Niederschlägen getroffen werden. Es hängt diese jahreszeitliche Vertheilung des Regenfalls eng zusammen mit den Wind- und Luftdruckverhältnissen über Wasser und Land, die uns später noch beschäftigen sollen. Ihre Einwirkung auf die Klimate aber besteht darin, daſs dadurch auf den Ozeanen die winterliche Kälte, auf den Kontinenten die sommerliche Erhitzung gemildert wird, was im Jahresmittel wiederum eine geringere Temperatur auf dem Lande ergiebt.

(Schluſs folgt).

Digitized by Google

Ueber die Wirkungen der Meereserosion an der atlantischen Küste Nordamerikas.

Von Dr. **Emil Deckert.**

(Schlufs).

Eine sehr merkwürdige Ausnahme von der allgemeinen Regel — dafs an der offenen atlantischen Küste sowie an der nördlichen und östlichen Golfküste der Betrag der Landzerstörung wahrscheinlich den Betrag der Landbildung während des jüngsten Erdalters im allgemeinen überwogen hat — macht die Ostküste von Florida. Hier deutet beinahe alles darauf hin, dafs entlang der ganzen über 600 km langen Strecke zwischen der St. Johns-River-Mündung und Kap Florida in der quartären Zeit ein Wachsthum des Landes auf Kosten der See stattgefunden hat. Nur durch schmale und seichte „Inlets" an einigen wenigen Stellen durchbrochen, läuft hier eine mit hohen Dünen besetzte Nehrung als Grenzscheide des festen Landes von Nordnordwest nach Südsüdost, und in gleicher Richtung damit erstreckt sich nicht blos eine Reihe von seichten Brakwasserlagunen, sondern auch die Sandhügelketten des ganzen ostfloridanischen Binnenlandes sowie dessen Haupt-Flufsläufe und Sumpf- und Seenketten. Vor allen Dingen zu der Küste Neu-Englands — wo der Verlust des Landes zweifellos ein absoluter ist — steht die ostfloridanische Küste in dem augenfälligsten Gegensatze, und füglich liefse sich schon aus der ganzen Anlage der angegebenen Bildungen schliefsen, dafs dieselben nur durch Vorgänge entstanden sein können, welche denjenigen, die man an der neu-englandischen Küste beobachtet, diametral gegenüber stehen. Nahezu rechtwinkelig in das Land eingreifende Buchten und rechtwinkelig in das Meer fliefsende Ströme darf man immer als Anzeichen von einem Vordringen des Meeres betrachten, und parallel mit der Küstenlinie gelagerte Lagunen und Hügel- und Thalzüge als Anzeichen von einem Zurückweichen desselben. An der ostfloridanischen Küste verkünden aber aufserdem auch die aus recenten Seemuscheln gebildeten Coquina-Bänke, welche die Strandlagunen auf der Westseite ebenso wie auf

Digitized by Google

Digitized by Google

Ost-Florida'sche Coquina-Bänke am Indian River.

Digitized by Google

der Ostseite umrahmen, und welche bis tief in das Binnenland hinein die Grundlage der Sanddünen bilden, den Sieg des festen Elementes über das flüssige. Dafs die betreffenden Lagunen in der Mehrzahl den Namen „River" führen — Amelia River, Matanzas River, Halifax River, Hillsborough River, Indian River (Fig. 4), Banana River, Jupiter River — darf einen also nicht irre machen in der Ueberzeugung, dafs dieselben thatsächlich abgedämmte Meerestheile sind, die sich bei weiterer Fortdauer der obwaltenden Verhältnisse durch die Zwischenstufen von Süfswassersee und Sumpf allmählich in festes Land verwandeln werden.

Fragt man nach den Gründen, warum der Kampf zwischen Land und See in Ostflorida so ganz anders steht, als es sonst in dem östlichen Nordamerika der Fall ist, so kann man sich nicht enthalten, in erster Linie an den Passatwind zu denken, der vom Atlantischen Ozeane her über die Halbinsel hinwegstreicht, sowie an das ziemlich vollkommen tropische Klima, das auf derselben herrscht. Wie bereits erwähnt, sind dadurch die Dünenwälle in Ostflorida im allgemeinen beträchtlich höher und breiter als anderweit in Nordamerika, und ein grofser Theil des oberflächlichen Bodens ist Flugsandbildung, genau wie in anderen Passatgegenden; die Vegetation entwickelt sich aber unter den Strahlen der tropischen Sonne und unter der befruchtenden Wirkung der tropischen Regen selbst auf dem Dünensande aufserordentlich üppig, so dafs derselbe durch die mit einander verflochtenen Wurzeln in seinen tieferen Schichten sowohl an der Küste als auch im Binnenlande einen verhältnifsmäfsig sehr festen Zusammenhang erhält.

Fig. 4. **Ostfloridanischer Küstentypus.** (Die Gegend des Indian River).

Das ganze Phänomen ist damit aber keineswegs erklärt.

Was bei dem Wachsthume des ostfloridanischen Küstenlandes auf Kosten der See sehr seltsam berühren mufs, ist vor allen Dingen die Thatsache, dafs daselbst keinerlei Ströme münden, welche reich sind an Sedimenten. Der St. Johns River fliefst als Seen-Strom gleich den kanadischen und neuengländischen Strömen klar und ungetrübt hinaus in das Meer, und der St. Marys River führt als vielfach gewundener Tieflandstrom ebenfalls viel weniger Sinkstoff, als die georgianischen und karolinischen Ströme. Das Vorhandensein hoher Dünenwälle ent-

Digitized by Google

lang der ganzen Küste läfst sich also nur begreifen, wenn Küstenströmungen das Material zu denselben aus der Ferne herbeiführen. Dafs der Golfstrom diese Funktion ausübe, wird man aber nicht ohne weiteres annehmen dürfen, denn einmal kommt derselbe nicht von Gestaden, die besonders reich sind an Quarzsand — nicht von der Mississippi-Mündung, wie man früher geglaubt hat, sondern von den Westindischen Inseln und aus dem offenen Atlantischen Ozeane —, und sodann wäre er durch seine Natur als ein ruhiger, oberflächlicher Strom auch wenig geeignet, auf weitere Entfernungen hin eine gröfsere Menge Quarzkörner in suspenso zu erhalten. Sehr viel wahrscheinlicher ist es, dafs die polare Gegenströmung des Golfstromes es ist, welche die Dienste des Sandträgers leistet. Für die Breite des Kap Hatteras ist diese Strömung in der Tiefe thatsächlich nachgewiesen,[7]) und dafs eine Tiefenströmung im stande ist, die losen Massen, welche an der Neuenglandküste durch Zerstörung der Küstenfelsen entstanden, oder welche von den Alleghany-Strömen vor ihren Mündungen abgelagert worden sind, vor sich her zu schieben, bezw. in dem Sinne ihrer Richtung vorwärts zu pressen, ist ohne weiteres klar. Die betreffende Polarströmung dürfte auch bei den Nehrungen vor dem Albemarle- und Pamplico-Sunde viel unmittelbarer und in einem viel höheren Mafse als Miterbauer thätig gewesen sein, als die Golfströmung, der man in so vielfacher Beziehung mehr Funktionen aufgebürdet hat, als sie auszuüben fähig ist.

Wenn die fragliche Strömung in den quartären Zeiten bei dem Wachsthume des ostfloridanischen Landes als ein so wesentlicher Faktor mitgewirkt hat, so mufs es freilich befremden, dafs sie sich nicht in der gleichen Weise auch an den nördlicher gelegenen Küsten — besonders an der Küste von New Jersey, Massachusetts etc. — bewährt hat. Sollte es einzig und allein der herrschende Passatwind und die üppige Dünen- und Marschenvegetation sein, denen es zu verdanken ist, dafs die von der Strömung herbeigetragenen Materialien in Florida zum Aufbaue neuen Landes dienen können? Bei der Prüfung der Verhältnisse, welche im äufsersten Süden der floridanischen Ostküste obwalten — zwischen Kap Florida und Kap Sable —, können wir uns eines starken Zweifels hieran nicht erwehren. Dort weht der Passat noch beständiger, als in den übrigen Theilen der Halbinsel, dort ist auch zugleich der Wuchs der Palmetto-Palmen und Mangroven ein noch reicherer, und dort arbeiten obendrein unzählbare Korallen-

[7]) Vergl. Report of the U. S. Coast and Geodetic Survey 1889, S. 182 ff.

Digitized by Google

thierchen emsig an dem Aufbau schützender Riffe und Inseln. Nichtsdestoweniger finden wir die Küste dort ganz ähnlich zerrissen, wie an der Golfseite von Florida. Und an dem Strande von Texas, wo man auch nicht von einem so unangefochtenen Wachsthume des Landes auf Kosten der See reden kann, ist der Passatwind ebenfalls die vorherrschende Luftströmung, und die Strandflora trägt daselbst keinen wesentlich anderen Charakter, als in Ostflorida.

Den Schlüssel zu dem Räthsel, und den Haupterklärungsgrund der Thatsache, dafs es der sturmbewegten Brandung an nordamerikanischen Küstenstrecken möglich ist, ein Stück Land nach dem anderen zu verschlingen, an der floridanischen Ostküste aber nicht, glauben wir in den erwähnten Coquina-Bänken zu finden. Dieses junge Seemuschelkonglomerat, das erst in der geologischen Gegenwart entstanden sein kann, erhebt sich an dem Matanzas- und Indian-River bis gegen 10 und 15 m über den Meeresspiegel, so dafs auch die höchsten Sturmfluthwellen es heute nicht mehr zu überspülen vermögen. Wie ist dies aber anders denkbar, als dafs der ganze ostfloridanische Küstenstrich sich in der quartären Zeit gehoben hat und noch in Hebung begriffen ist, resp. dafs der Meeresspiegel sich in der Gegend zwischen der St. Johns-River-Mündung und dem Kap Florida gesenkt hat und noch weiter senkt? Wir sind der Meinung, dafs Ostflorida eine von denjenigen Erdgegenden ist, von welchen die allerunzweifelhaftesten Beweise für eine derartige Verschiebung des Verhältnisses zwischen Festland und Meer vorliegen. Uebrigens sind wir aber geneigt, für die in Frage stehende Gegend eher an eine Senkung des Meeresspiegels als an eine Hebung des Landes zu glauben; und die zahlreichen Defekte, welche durch Zerwaschung und Unterhöhlung der tertiären Kalksteinformation im floridanischen Binnenlande verursacht werden, scheinen uns eine Verminderung der Attraktion, die die Halbinselmasse auf das Wasser des Atlantischen Ozeans ausübt, bezw. ein fortschreitendes Abfliefsen des Wassers nach anderen Erdgegenden zur Genüge begreiflich zu machen.

An der Westküste Floridas, sowie an der alabamischen, louisianischen und texanischen Golfküste schreitet dagegen aller Wahrscheinlichkeit nach der Einbruch, durch den der Mexikanische Golf entstanden ist, weiter fort, und darin findet das siegreiche Vordringen des brandenden Meeres, auf das so zahlreiche Indicien hindeuten, die allerwesentlichste Unterstützung. Die erwähnten Massendefekte, welche die Erosion im Innern von Florida, sowie auch im Innern von Alabama bewirkt, haben aus diesem Grunde auf den Stand des Meeresspiegels

Digitized by Google

keinen sichtbaren Einfluſs, und wenn sich der Golf ungeachtet der auf seinem Boden stattfindenden Sedimentation fortschreitend vertiefen sollte, so würde die Zuströmung aus dem offenen Atlantischen Ozeane in jedem Falle hinreichen, um diese Vertiefung an der Küste nicht empfinden zu lassen. Dort deuten die unterseeischen Wälder und Wiesen nur das Mitsinken des Küstenlandes an, und was den südlichsten Theil Floridas angeht, so ist namentlich auch noch daran zu denken, daſs die daselbst vorhandenen Koralleninseln und Korallenriffe diese Annahme bekräftigen, indem Koralleninseln und Korallenriffe überall an groſse Senkungsfelder gebunden sind.

Entlang der mexikanischen Küste sind die betreffenden Verhältnisse noch mangelhafter bobachtet worden, als an der Küste der Union, doch dürften die Chancen des Kampfes zwischen Land und Meer daselbst kaum wesentlich anders liegen, als an der texanischen Küste. Die Zerrissenheit der Nehrungen und das Vorhandensein einer Anzahl aus älterem Gestein bestehender Küsteninseln deuten darauf hin, daſs auch dort in der posttertiären Zeit mehr Land in der Tiefe versunken, als durch Strom- und Windsedimentation gebildet worden ist.

An der offenen atlantischen Küste Nordamerikas, soweit dieselbe nördlich von der St. Johns-River-Mündung liegt, sprechen ebenfalls verschiedene Umstände für eine Senkung des Landes. Auch hier kann man, sowohl in Neuengland als auch in den beiden Karolinas und in Georgia, auf versunkene Wälder hinweisen, wenngleich bereits Lyell darauf aufmerksam macht, daſs man sich dabei ängstlich vor Irrthümern hüten muſs, indem angeschwemmte Baumstümpfe durch ihre Stellung leicht den Eindruck machen können, als seien sie an Ort und Stelle gewachsen. Viel schlagender dürfte die Senkung bewiesen werden durch die „ertrunkenen Ströme“, von denen wir oben geredet haben, denn deren eigenthümliche Physiognomie und deren geologische Umgebung läſst keine andere Erklärung zu, als das Eindringen des Meeres in ein einstiges Stromthal. Und dieses Indicium gewinnt noch erheblich an Gewicht dadurch, daſs an dem Hange der Alleghanies — zwischen der Flufshügel-Region dieses Gebirges und der Küstenebene — eine groſse Verwerfungslinie durch die östlichen Unionsstaaten hindurchgeht, östlich von welcher alles Land bereits seit den mesozoischen Zeiten im Niedersinken begriffen gewesen ist.

Daſs der Prozeſs gewisse Unterbrechungen erlitten hat, und daſs zeitweise an der Küste von New Jersey, Massachusetts, Maine etc. ein Sinken des Meeresspiegels stattgefunden hat, genau wie gegenwärtig

Digitized by Google

in Ostflorida, scheint aus alten Strandlinien hervorzugehen, die man in diesen Gegenden gewahren kann, und die zum Theil mehr als 100 m über der heutigen Strandlinie liegen. Auch die gegenwärtige Aera des Sinkens der Küste dürfte also in dem atlantischen Nordamerika füglich wieder einmal einer Aera der „Hebung“ weichen; es versteht sich aber von selbst, dafs der zerstörenden Brandungswelle in der ganzen in Frage stehenden Gegend bis auf weiteres durch die Senkung ebenfalls bedeutender Vorschub geleistet wird.

Im allgemeinen vollzieht sich der Senkungsprozefs wohl ruhig und für die Menschen unmerklich. Gelegentlich ist er aber mit heftigen Erschütterungen der Erdrinde verbunden, und es ist in dieser Beziehung namentlich auf die grofsen Erdbeben von Neu-Madrid (1811) und Charleston (1887) hinzuweisen, deren Stöfse Monate lang andauerten, und bei denen unbedingt grofse Dislocationen innerhalb der Schichten der nordamerikanischen Kontinentalmasse stattgefunden haben müssen. Unmittelbar nach dem Erdbeben von Charleston entsandte die Direktion der U. S. Coast and Geodetic Survey eine Kommission, um die etwaigen Wirkungen der Erderschütterungen auf den Hafen von Charleston und seine Zugänge zu untersuchen. Die betreffende Kommission stellte fest, dafs die durch das Erdbeben verursachten Veränderungen nur unbedeutende waren, dafs die thatsächlich vor sich gegangenen aber das Fahrwasser verbessert hatten. Man könnte dieses Gutachten also in dem Sinne einer mit dem Erdbeben Hand in Hand gehenden instantanen Senkung auslegen. Ebensogut könnte es sich bei der Vertiefung des Hafens und seiner Zugänge aber um eine blofse Verschiebung der Sedimente handeln. Der ganze so interessante und für das Erdleben so bedeutsame Prozefs läfst sich also auch selbst bei so furchtbaren Katastrophen, wie es die grofsen Erdbeben sind, nur sehr schwer von dem Menschengeiste erfassen und ermessen.

Digitized by Google

Lewis Morris Rutherfurd.

Am 30. Mai dieses Jahres starb Lewis Morris Rutherfurd eine der ersten Autoritäten auf den Gebieten der coelestischen Photographie und Spektralanalyse. — Geboren am 25. November 1816 zu Morrisania im Staate New-York, zeigte Rutherfurd früh Talent und Vorliebe für physikalisch-chemische Studien, so dafs er schon auf dem „College“ Assistent seines Lehrers in diesen Fächern ward. Gleichwohl widmete er sich nach Vollendung seiner Vorbildung an der Universität Auburn dem juristischen Fache und erlangte 1837 die Zulassung als Advokat. Während dieser seiner praktischen Thätigkeit konnte er natürlich nur in verhältnissmäfsig seltenen Stunden der Mufse seinen Lieblingsstudien obliegen, und er fühlte sich daher glücklich, als er 1849, durch eine reiche Heirath dazu in den Stand gesetzt, seine Berufsgeschäfte aufgab, um sich ganz der Wissenschaft zu widmen. Nachdem er von einer zunächst unternommenen, längeren Studienreise nach Europa zurückgekehrt war, richtete er sich in einem Anbau seines Hauses eine anfangs bescheidene Sternwarte ein, in welcher bald die wichtigsten und erfolgreichsten Forschungen begannen. Als einer der ersten baute er mit Begeisterung auf dem von Kirchhoff und Bunsen geschaffenen Fundament der himmlischen Spektralanalyse weiter, so dass er bereits 1863 in der Lage war, eine Arbeit über die Spektra der Fixsterne, des Mondes und der Planeten zu veröffentlichen, in der der erste Versuch gemacht ward, die so verschiedenartigen Fixsternspektra in Klassen zu gruppiren. Bald darauf gelang es Rutherfurd nach mannigfachen vergeblichen Versuchen, ein speziell für photographische Arbeiten bestimmtes Objektiv von 11 Zoll Durchmesser zu konstruiren, mittelst dessen er höchst werthvolle Reihen von photographischen Aufnahmen der Sonne, des Mondes und einiger Sternhaufen herstellte. Die Feinheiten der natürlich mit dem nassen Collodiumverfahren gewonnenen Mondplatten war eine so ausserordentliche, dass das kleine Brennpunktbildchen bis zu einem

Digitized by Google

Durchmesser von mehr als einem halben Meter vergrössert werden konnte, so dafs Positive gefertigt wurden, die noch jetzt eine Hauptzierde vieler Sternwarten, u. a. auch der Urania, bilden und erst in jüngster Zeit durch Trockenplattenaufnahmen übertroffen wurden. Die gleichmässige Deutlichkeit bei der Abbildung der sehr verschieden hellen Theile der Mondoberfläche wurde durch eine sorgfältige Abmessung der für die einzelnen Gebiete erforderlichen Belichtungsdauer erzielt. 1868 ward dann ein 13-zölliges Objektiv fertig gestellt, das von nun ab an die Stelle des Elfzöllers trat, das aber der allge-

Lewis Morris Rutherfurd.

meineren Verwendbarkeit wegen aus einer gewöhnlichen, achromatischen Doppellinse bestand, welche durch Vorsetzen einer dritten Linse in ein photographisches System umgewandelt werden konnte, eine Einrichtung, deren hohe Zweckmässigkeit durch die Thatsache bewiesen wird, dafs sie beim grofsen Refraktor der Lick-Sternwarte Nachahmung fand. Rutherfurd stellte nun nicht nur mit Hilfe dieses Fernrohrs vorzügliche Sternaufnahmen her, sondern gab auch durch die Konstruktion eines sinnreich eingerichteten Mikrometers zur Ausmessung der Platten die Mittel zur wissenschaftlichen Verwerthung des umfangreichen, durch ihn gelieferten Materials. Leider hat sich aber diese Ausmessungsarbeit bis in die neueste Zeit hinein verzögert, so dafs ein guter Theil derselben erst jetzt von Rees und Jacoby

Digitized by Google

am Columbia College ausgeführt werden soll. — Im Jahre 1864 lieferte Rutherfurd das erste, mit Hilfe von Schwefelkohlenstoffprismen erzeugte Photogramm des Sonnenspektrums, das bereits dreimal soviel Linien erkennen liefs, als die Kirchhoff-Bunsensche Tafel. Bald wurde diese Leistung aber noch bei weitem übertroffen durch die Benutzung der vortrefflichen Interferenzgitter, welche Rutherfurd in staunenerregender Feinheit herzustellen wusste. Sein selbstkonstruirter Theilungsapparat gestattete nämlich, innerhalb eines einzigen Zolles 17000 parallele Linien in Glas zu ritzen; derartige Gitter erzeugen bekanntlich durch Interferenz der Lichtstrahlen Spektra, welche sich hauptsächlich durch die für alle Wellenlängen gleich starke Dispersion von den durch Prismen erzeugten Spektren sehr vortheilhaft unterscheiden. In der Herstellung feinster Gitter ist Rutherfurd seither nur durch Rowland, gleichfalls einen Amerikaner, übertroffen worden. — Nach alledem ist es verständlich, dass Rutherfurd als eine der ersten Autoritäten auf dem Gebiete der Himmelsphotographie galt. Von praktischen Arbeiten musste er sich jedoch bereits vor einigen Jahren zurückziehen, bei welcher Gelegenheit er sein grosses Teleskop, sowie die sämmtlichen, kostbaren photographischen Platten in grossmüthiger Weise dem Columbia College, zu dem er als Aufsichtsrathmitglied in naher Beziehung stand, als Geschenk überwies. F. Kbr.

Von der achten Sphäre: Ueber den sieben Kugelflächen, welche nach der Ansicht der Alten der Sonne, dem Monde und den bekannten Planeten zur Anheftung dienten, wölbte sich die achte Sphäre, an welcher die übrigen Gestirne sich drängten. In ewiger Ruhe gegen einander sollten sie hier ein Dasein von vollendeter Schönheit verbringen, unbewegt und nie gestört. Die Wissenschaft hat mit kühner Hand den schönen Traum der Alexandriner zerstört. Sie zeigte, dafs auch dort oben Bewegungen sind, nicht langsamer im allgemeinen, als sie auch die Körper des Sonnensystems besitzen, aber scheinbar fast verschwindend, weil sie von so weiter Ferne aus betrachtet werden. Seitdem die Beobachtungen den Grad der Genauigkeit erreicht haben, der ihnen heute eignet, und das ist etwa seit den Zeiten des englischen Astronomen Bradley im vorigen Jahrhundert, hat man bei vielen Fixsternen eine gröfsere oder geringere Beweglichkeit nachzuweisen vermocht. In scheinbar geraden Linien bewegen sie sich unter ihren Nachbarn und der Betrag dieser Eigenbewegungen kann jetzt bei

Digitized by Google

einigen bereits in Jahresfrist nachgewiesen werden. So wandern die Sterne der Plejaden im Laufe eines Jahrhunderts um sechs Bogensekunden weiter[1]), ein Weg, den Bessels Schwanenstern bereits in 13 Monaten, und ein Stern im Grofsen Bären (1830 in dem Verzeichnisse von Groombridge) gar schon in 10 Monaten zurücklegt. Freilich ist auch dieser Betrag kein grofser. Um einen Begriff von seiner Kleinheit zu geben, wollen wir nebenbei bemerken, dafs ein Dampfschiff, welches mit einer Geschwindigkeit von 6 m in der Sekunde in einer Entfernung von 200 km etwa am Pik von Teneriffa vorbeifährt, von diesem aus bereits nach Verlauf einer Zeitsekunde um jenes Mafs verschoben erscheinen müfste. Auch ist die Gröfse der Eigenbewegung nur erst für einen geringen Theil der Fixsterne festgestellt und schwankt hier von den geringsten Beträgen bis zu jenem höchsten, welchen Groombridge 1830 erreicht. Nun hat man schon lange mit Recht darauf hingewiesen, dafs die beste Probe auf die Entfernung der Sterne von der Erde ihre scheinbare Eigenbewegung ist, nicht, als ob es nicht auch nahe Sterne geben könnte, die mit einer geringen Eigenbewegung behaftet erscheinen, weil sie sich gerade auf uns zu oder von uns fort bewegen, sondern weil jeder Stern von grofser Eigenbewegung sich vergleichsweise nahe zu uns befinden mufs, er hätte denn eine immense Geschwindigkeit. Freilich sind diese Wege, welche die Sterne zurückzulegen scheinen, keineswegs eine blofse Folge der ihnen zukommenden Geschwindigkeit. Wie die Bäume, an denen wir im Eisenbahnwagen vorbeifahren, uns entgegengesetzte Wege zurückzulegen scheinen und die näheren sich dabei weit schneller unserem Anblick entziehen, als die weiter abstehenden, so müssen auch die Sterne uns ein Abbild jener Reise liefern, die wir selbst auf der Erde als Begleiter des Tagesgestirns durch den Weltraum ausführen. Dann müssen aber auch aus diesem Grunde die nächsten Sterne die gröfsten Bewegungen auszuführen scheinen. Diese Eilsterne also sind es, die wir als unsere nächsten Nachbarn in der Fixsternwelt anzusehen haben. Vielleicht traten sie aus der sonst so unmefsbar weit entfernten achten Sphäre, die eben für uns scheinbar immer noch existirt, hervor, genügend nahe nach unserem Standpunkte hin, dafs ihre sorgfältige Vergleichung mit anderen Sternchen Aussicht auf eine erfolgreiche Bestimmung ihrer Abstände von uns bot. In der That ist der erste Fixstern, dessen Abstand bereits vor mehr als 50 Jahren durch Bessels sorgfältige Messungen erkannt wurde, der schon erwähnte 61. Stern im Schwan.

[1]) Vergl. Himmel u. Erde Bd. III. S. 463.

Digitized by Google

Die neueste, mit Hülfe der Photographie erlangte Bestimmung seiner Entfernung hatte das Ergebnifs, dafs das schnellfüfsige Licht nicht weniger als $7\frac{1}{2}$ Jahre braucht, um von ihm zu uns zu gelangen. Der eilfertigste von allen Sternen ist freilich um nicht weniger als 34 Jahre Lichtzeit von uns entfernt, während der bisher als der nächste Fixstern geltende α im Centauren, der nur $3\frac{1}{2}$ Jahre Lichtzeit von uns absteht, nur halb so schnell seinen Weg am Himmel zieht. Alle die aufgeführten Beträge für die Eigenbewegungen sind freilich nur Winkelgröfsen. Kennt man aber die Entfernung, so läfst sich die diesem Winkel entsprechende Weglänge wohl finden — wie in dem Beispiel von vorhin der Weg unseres Schiffes bei bekannter Entfernung aus dem von Teneriffa aus gemessenen Winkel sich hätte finden lassen. So würde der Schnellläufer Groombridge 1830 in der Sekunde 376 km zurücklegen, wenn sein Weg wirklich auf der Gesichtslinie senkrecht stände. In Wahrheit ist er wohl gegen diese geneigt, und so wird dieser Betrag sich noch erhöhen. Für Sterne, die noch weiter entfernt sind, kann die Geschwindigkeit natürlich noch gröfser werden, wenn auch scheinbar die Bewegung am Himmel viel langsamer vor sich geht, wie ja derselbe Eisenbahnzug aus weiter Ferne betrachtet, sich viel langsamer zu bewegen scheint, als in der Nähe. So würde der Stern erster Gröfse Arcturus nicht weniger als 600 km und μ in der Cassiopeja fast 500 km in der Sekunde zurücklegen, wenn man den Messungen für die Entfernung dieser Sterne Vertrauen schenkt, die, obgleich durch genaue Heliometerbeobachtungen resp. durch Ausmessung von Photogrammen erlangt, noch immer mit sehr grofsen Fehlern behaftet erscheinen.[2]) Aber offenbar ist anzunehmen, dafs unter den Fixsternen gar manche mit einer für unsere Begriffe nicht fafsbaren Geschwindigkeit von mehreren hundert Kilometern in der Sekunde durch den Raum sausen.

In neuerer Zeit ist es bekanntlich gelungen, auf einem von diesem total verschiedenen Wege ein genaues Urtheil über die Geschwindigkeiten, die in der achten Sphäre herrschen, zu gewinnen. Aus den schwachen Verschiebungen, welche die Linien im Spektrum der Sterne aufweisen, lesen die Astronomen die Geschwindigkeit, mit der sich die Sterne gegen unsern Standpunkt hin, resp. von ihm fort bewegen. Diese Methode hat besonders in der Verbindung der Spektral-Analyse mit der Photographie, wie sie zu Potsdam ausgeübt wird, Ergebnisse von unbestrittener Genauigkeit geliefert. Aber nirgends hat sich auch

[2]) Vergl. Himmel u. Erde Bd. I. S. 312—314.

Digitized by Google

nur annähernd eine den oben angeführten Werthen vergleichbare Geschwindigkeit ergeben. Die höchste sicher festgestellte, wenn wir von derjenigen eines Bestandtheils des neuen Sterns im Fuhrmann absehen, der ja vielleicht nichts als ein gasiger Ausbruch des Sternes ist (vergl. H. & E. Bd. IV S. 290, 379), ist diejenige, mit der Aldebaran das Sonnensystem flieht, nämlich 49 km. Wir haben dieselbe Ungleichheit, wenn wir den durchschnittlichen Werth von 17 km in der Sekunde, welchen die Potsdamer Messungen ergeben, mit dem aus den Eigenbewegungen der Sterne mit Parallaxen berechneten Werthe von 68 km vergleichen. Wir werden später versuchen, die Lösung des Dilemmas zu geben.

Zunächst wollen wir einer Methode gedenken, die wohl zuerst Prof. Franz in Königsberg ersonnen hat, um die mittlere Entfernung einer gröfseren Anzahl von Sternen zu finden. Fassen wir eine Menge beliebig über den Himmel vertheilter Sterne ins Auge, von denen wir die verschiedenen Komponenten der Geschwindigkeit kennen, so läfst sich kein Grund angeben, warum sie am Himmel eine gröfsere oder geringere scheinbare durchschnittliche Schnelligkeit besitzen sollten, als in der Richtung der Gesichtslinie. Nimmt man also gar keine Rücksicht auf das Vorzeichen, so wird es gestattet sein, die mittlere Geschwindigkeit, wie sie die Eigenbewegungen im Bogenmafs ergeben, der aus den Spektralmessungen folgenden durchschnittlichen Geschwindigkeit jener Sterne, in Kilometern gemessen, gleichzusetzen.[3]) Der jüngst der Wissenschaft so früh entrissene Dr. Kleiber hat diese Rechnung an der Hand eines allerdings noch nicht sehr reichen Materials ausgeführt. Nur für 22 Sterne, deren Eigenbewegungen genau bestimmt waren, lagen genaue Spektralmessungen von Vogel in Potsdam vor. Dem mittleren Werthe von 16.5 km in der Sekunde oder von $3\frac{1}{2}$ Erdbahnhalbmessern im Jahre, welchen die letzteren ergaben, entsprachen im Mittel 0".22 in Rektascension und 0".25 in Deklination und hieraus ergiebt sich als durchschnittlicher Werth für den Winkel, unter dem der Erdbahnhalbmesser von jenen Sternen aus erscheint, oder für die Parallaxe, etwa 0".071. Mit anderen Worten: Das Licht braucht etwa 50 Jahre durchschnittlich, um von einem dieser 22 Sterne zu uns zu gelangen. Nicht ganz fern von diesem Resultate liegt ein anderes, welches Elkin durch direkte Messung von Parallaxen mittelst des Heliometers erhalten hat, ja es bestätigt das erlangte Resultat so gut, wie man bei diesen noch immer auf verhältnifsmäfsig schwachen Füfsen stehenden Ergebnissen nur erwarten kann. Elkin hat nämlich für

[3]) Vergl. Himmel u. Erde Bd. IV S. 532. Anm.

Digitized by Google

10 Sterne erster Gröfse den Durchschnittswerth der Entfernung auf 36 Jahre Lichtzeit bestimmt, während die durchschnittliche Gröfse jener 22 Sterne 1.8 ist. Immerhin bleibt zu bemerken, dafs das Ganze noch als eine sehr vorläufige, mit nicht voll genügendem Material angestellte Untersuchung zu gelten hat.

Die Lösung des Dilemmas, auf das wir vorhin stiefsen, wird nicht geschehen können, ohne dafs wir diejenigen Ergebnisse der Spektralforschung, welche sich auf die achte Sphäre beziehen, in die Betrachtung ziehen. Bekanntlich lassen sich die Fixsterne, von der Zahl nach verschwindenden Ausnahmen abgesehen, in zwei Typen einrangiren. Die einen haben in ihrem Spektralcharakter mit dem Sirius Aehnlichkeit, die andern theilen mit der Sonne die Hauptzüge des Spektrums. Im vorigen Jahrgang (S. 332 f.) berichteten wir über die Forschungen, die Maunder diesen Sternen hat angedeihen lassen, und welche zu dem Resultate führten, dafs diese Charaktere nichts als Folgen einer bestimmten chemischen Zusammensetzung jener Himmelskörper seien, keineswegs aber einen Rückschlufs auf ihr relatives Alter gestatten. Die chemische Natur der Körper kann aber, obgleich dieselben Elemente überall am Himmel in Verbindungen treten, doch in den verschiedenen Regionen desselben eine immer andere sein, weil etwa hier der Wasserstoff, dort die Metalle überwiegen können.

Nun sind die Sterne, welche eine beträchtliche Eigenbewegung besitzen, neuerdings von Bossert katalogisirt worden. Andererseits giebt es auch einen Katalog der Spektren, der nach den Beobachtungen der Harvard-Sternwarte von Pickering entworfen wurde. Hier findet sich das Spektrum vieler Eilsterne verzeichnet. Aus einer Vergleichung, die Monck ausgeführt hat, ergiebt sich, dafs auf acht Sonnensterne unter ihnen immer nur ein einziger Siriusstern erscheint, während doch die Zahl der Mitglieder beider Sternklassen ungefähr die gleiche ist. Diese merkwürdige Ungleichheit, sowie die vorhin erwähnten Betrachtungen von Maunder machen es höchst wahrscheinlich, dafs die Sonnensterne nur scheinbar im Weltraum gleichmäfsig vertheilt sind, in Wahrheit aber in den Regionen des Sonnensystems, mit dessen Königin sie das Spektrum gemeinsam haben, sich aufhalten. Dafs sie uns als Eilsterne erscheinen, das macht aber nicht eine ihnen selbst eigenthümliche Bewegung, sondern vielmehr die relative Nähe, in der sie zu uns stehen. Bilden die Eilsterne wirklich ein zusammengehöriges Ganze, so mufs sich das auch noch in andern Erscheinungen dokumentiren. Ist ihr Weg hauptsächlich das Abbild der Bewegung der Sonne im Raume und nicht die Folge einer ihnen innewohnenden grofsen Ge-

Digitized by Google

schwindigkeit, so mufs sich das in der Richtung ihrer Bewegung zeigen. In der That streben drei Viertel dieser Sterne nach derjenigen Himmelsgegend, welche dem Zielpunkte der Sonnenbewegung entgegengesetzt ist.

Unter den Doppelsternen, die ihre Bahn in einer kurzen, sicher festgestellten Periode durchlaufen, die also einander verhältnifsmäfsig nahe sind, und da wir sie getrennt erblicken, auch von uns einen vergleichsweise geringen Abstand haben müssen, sind 32 Sonnensterne gegen 11 Siriussterne. Fafst man dagegen die Gesamtheit aller Doppelsternbahnen, auch derjenigen mit langer, noch nicht festgestellter Periode ins Auge, so zeigt sich, dafs Sterne beider Typen gleichmäfsigen Antheil an der Bildung solcher Sternsysteme haben.

Sind die Sonnensterne physisch verbunden, so darf man erwarten, dafs ihre Gesamtheit eine irgend wohin gerichtete gemeinsame Bewegung aufweist. Auch das ward bestätigt. Bofs und Stumpe haben nämlich, um die Bewegung des Sonnensystems im Raume zu finden, eine Anzahl von Eilsternen zu Grunde gelegt, und dabei für den Zielpunkt der Reise eine weniger nördliche Lage gefunden, als ihm nach früheren Rechnungen zukommt. Damit ist gezeigt, dafs die Gesamtheit der Sonnensterne nach Norden wandert. Das widerspricht nicht dem, was wir oben über die Richtungen dieser Sterne gesagt haben; sie können eben die Reise der Sonne mitmachen und doch im übrigen sich unabhängig von einander bewegen.

Trotzdem wäre es übereilt, anzunehmen, dafs alle Sterne vom zweiten Spektraltypus diesem System von Sternen, welchem auch die Sonne angehört, sich einordnen. Die beiden Hauptsterne des Orion z. B. haben sehr geringe Eigenbewegungen, und liegen sicherlich in unmefsbaren Entfernungen. Auch wird man innerhalb dieses Sonnensternsystems nach der Beschaffenheit des Spektrums noch Untertheilungen machen können, je nachdem die Sterne darin der Capella oder dem Arcturus ähneln. Die Capellasterne, obgleich im ganzen weniger zahlreich, als die Arcturussterne, leisten zu den Doppelsternen mit berechneten Bahnen, also zu den uns benachbarten Doppelsonnen, einen reichlicheren Beitrag, als alle andern Typen zusammen. Ordnet man die Sterne nach ihren Eigenbewegungen, so sind unter allen, die im Jahrhundert mindestens 10 Bogensekunden zurücklegen, nicht weniger als 65 pCt. Capellasterne, während andererseits die Arcturussterne zu den eigentlichen Eilsternen den gröfsten Beitrag stellen. Diese werden vielleicht von der Theilnahme am Sonnensternsysteme ausgeschlossen sein und für sich ihre schnellen Bahnen durch den Weltraum lenken, in den Capellasternen aber dürfen wir mit grofser Wahrscheinlichkeit die

Digitized by Google

nächsten Nachbarn unseres Sonnensystems erblicken, die unserer Tageskönigin durch Gemeinsamkeit des Ursprungs verwandt und in ihrer Nähe geblieben sind. Offenbar schliefsen diese Ergebnisse, zu denen Monck gelangt ist, auch die Lösung unserer Frage ein: es erscheint uns der Lauf gewisser Sterne deshalb so eilig, weil sie in Wirklichkeit mit riesigen Geschwindigkeiten begabt sind, aber sie bilden eben nur geringzählige Ausnahmen, während die meisten durchaus keine übermäfsigen Winkelgeschwindigkeiten besitzen.

Dafs hier der Sonne eine so zahlreiche Genossenschaft von Sternen als Gesellschaft zugeordnet wurde, das eröffnet einen Blick auf zukünftige Forschungsergebnisse in der achten Sphäre. Wir dürfen erwarten, dafs es durch das fortgesetzte Studium der Spektren und der Bewegungen in der Fixsternwelt gelingen wird, diese allmählich in eine Reihe zusammengehöriger Systeme von gemeinsamen Naturen und Strebungen zu gruppiren, und so die achte Sphäre in eine Vielheit von Weltgruppen aufzulösen. Sm.

Photographische Entdeckung von Planeten.

Im 9. Hefte des vorigen Jahrganges unserer Zeitschrift haben wir der schönen Erfolge gedacht, welche Dr. Max Wolf in Heidelberg mittelst eines Doppelfernrohrs von kurzer Brennweite auf dem Gebiete der Planetenentdeckung erzielt hat. Herrn Wolf gelang es, in kurzer Zeit eine sehr ansehnliche Zahl neuer und „verloren" gegangener Planeten auf seinen photographischen Platten zu konstatiren. Wie sich voraussehen liefs, mufsten sich bei einem so wichtigen Gegenstande bald Konkurrenten einfinden. Dies ist von der Sternwarte Nizza aus geschehen. Der eifrige Planetenentdecker Charlois hat am 19. September ebenfalls photographisch seinen ersten Planeten aufgefunden und dieser „Première" sind inzwischen noch vier weitere Entdeckungen derselben Art gefolgt. Die Nizzaer Sternwarte verfügt bekanntlich über so ausgezeichnete optische Hilfsmittel, dafs die photographisch konstatirten Planeten sofort auch durch direkte Beobachtungen weiter verfolgt werden können. Aufserdem verlautet, dafs der Gründer des Observatoriums, der um die französische Astronomie durch seine Schenkungen so verdienstvolle Baron Bischoffsheim, gegenwärtig im Plane hat, nordwärts von Nizza, auf dem über 8000 Fufs hohen Mt. Meunier ein Bergobservatorium zu errichten. In der klaren Luft dieser Berghöhe wird es gelingen, auch jene Beobachtungen zu realisiren, die in Nizza selbst wegen ungünstigen Himmels etwa fehlschlagen.

Digitized by Google

Ueber die Verdoppelung der Marskanäle.

Die von Schiaparelli den Lesern dieser Zeitschrift (I. Jahrg. S. 93 u. f.) vorgetragenen Beobachtungen über die Verdoppelung der Kanäle des Mars gehören zu den merkwürdigsten, aber zugleich zu den am schwierigsten verfolgbaren Erscheinungen der Oberfläche unseres Nachbarplaneten. Es ist nicht befremdend, wenn zur Erklärung dieses Phänomens schon mehrere Hypothesen aufgestellt worden sind und immer neue in die Oeffentlichkeit gelangen. Unseres Erachtens ist es allerdings viel zu früh, schon Ideen über diese Erscheinung auszutauschen, vielmehr scheinen sich gerade hier erst nach vieljähriger Verfolgung einige Gesichtspunkte für eine Theorie gewinnen zu lassen; indessen sind wir unseren Lesern schuldig, die neuesten zu Tage kommenden Ansichten in unserer Zeitschrift zu registriren, ohne uns über die eine oder die andere kritisch auszusprechen.

In der Pariser Akademie hat kürzlich Meunier eine durch ihre Einfachheit originelle Hypothese angekündigt. Meunier trug mittelst eines schwarzen Firnis die hauptsächlichsten Linien und Flecke der Marskarte auf eine polirte Metallfläche auf (später experimentirte er auch mit sphärischen Flächen) und beleuchtete letztere durch den Strahl einer Lichtquelle; dann hielt er über die Fläche, parallel mit ihr und wenige Millimeter entfernt, einen mit feinem Mousselin bespannten Rahmen. Die Linien und Flecke waren dann auf dem Gewebe verdoppelt wahrnehmbar. Meunier meint nun, indem er diesen Versuch auf die Erklärung der Verdoppelung der Marskanäle anwendet, dafs das Luftmeer des Mars nicht immer klar, sondern bisweilen vielfach mit Nebel angefüllt sei, welcher sich auf grofse Entfernungen hin zu einer Nebelfläche ausbreiten und, von der Erde aus gesehen, eine feine Durchsichtigkeit, wie die Mousselindecke über der Metallfläche, zeigen könne. Die von der Sonne kommenden Strahlen werden von der Marsoberfläche reflektirt und die Schatten der Kanäle werden uns auf der Nebelfläche sichtbar: wir sehen die Kanäle doppelt. Die Unregelmäfsigkeiten, welche Schiaparelli in den Verdoppelungserscheinungen beobachtet hat, wie das Vorkommen von nicht parallelen Verdoppelungen, oder das Fehlen der Verdoppelung auf einzelnen Strecken, lassen sich nach Meunier durch die unregelmäfsige Begrenzung der Nebeldecke erklären. Die beträchtlichen Veränderungen, die man in der Verdoppelung an denselben Objekten zu verschiedenen Zeiten konstatirt hat, führt der Verfasser auf die variirende Höhe der Nebeldecke und auf den mit der

Digitized by Google

Bewegung der Erde sich ändernden Winkel zurück, unter welchem wir unsere Beobachtungen machen. Die Verschiebung der Lage der Kanäle, welche Schiaparelli beobachtet hat, sei durch Refraktionserscheinungen in der Marsatmosphäre, bei welchen der Dampfgehalt dieser letzteren eine Rolle spiele, veranlafst. Einwürfe gegen diese Hypothese sind die grofsen Verschiedenheiten, welche die Richtungen der Verdoppelung auf dunklen Stellen zeigen, während sich die Verdoppelung bei den Kanälen innerhalb enger Grenzen bewegt, die Durchsetzung dunkler Flächen von hellen Streifen, die Verbreiterung der Kanäle an Kreuzungsstellen, sowie endlich der entschieden vorhandene Zusammenhang der Gesamterscheinungen mit den Jahreszeiten des Mars.

Ganz verschieden von dieser Hypothese ist eine von A. Schmidt im Novemberhefte der „Deutschen Revue" geäufserte Idee. In Uebereinstimmung mit Maunder nimmt Schmidt für den Planeten Mars eine bedeutend niedrigere Temperatur an, als für die Erde. Die Zusammensetzung der Marsatmosphäre sei wesentlich anders als die der irdischen Luft, ihr Wassergehalt erheblich kleiner, dagegen sei sie vornehmlich aus freier Kohlensäure, die unter hohem Drucke steht, gebildet. Aus diesen hypothetischen Voraussetzungen ergiebt sich, dafs die Oberfläche des Mars gänzlich vereist ist, dafs sich auf derselben grofse Niederschlagsprozesse der Kohlensäure vollziehen und dafs die Kanäle aus solchen Niederschlägen zusammengesetzte Wolken sind, deren Auftreten an bestimmte geradlinige Bodengestaltungen gebunden ist, welche sich auf grofse Strecken hin ausdehnen. In den vielen Rissen und Spalten, welche durch die Vereisung des Planeten erzeugt wurden, herrsche ein ununterbrochenes Ausstofsen von Kohlensäure und Wasserdampf, diese Gemische würden von gleichmäfsig wehenden Passatwinden fortgeführt. Zuerst würden sich längs den Spalten aus dem Wasserdampf mächtige Schneewolken bilden, die Kohlensäure könnte aber auf Kosten der Wärme des Wassers eine höhere Temperatur annehmen und würde, da sie von den Passaten weitergetragen wird, in gröfserer Entfernung von den Schneewolken wieder abgekühlt und müfste als ein zweiter, dem ersten paralleler Schnee- oder Wolkenstrich sich niederschlagen. Auf diese Weise entstünden „Verdoppelungen."

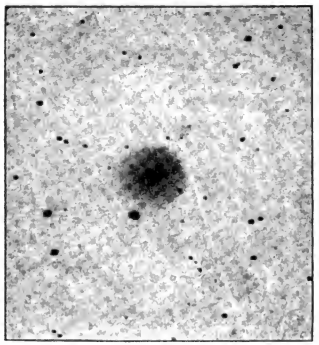
Wie man sieht, ist in der zweiten Ansicht noch viel mehr des Hypothetischen, als in der ersten.

Digitized by Google

Komet Holmes. Dieser merkwürdige Komet, der in den Tagesblättern viel von sich reden gemacht hat, ist in der Nacht des 6. November südwestlich vom grofsen Andromeda-Nebel von Edwin Holmes entdeckt worden; unabhängig fand ihn Anderson am 8. November. Das Gestirn war sehr hell, zeigte sich als runde Nebelmasse von etwa 5 Minuten Durchmesser, mit einer zentralen Verdichtung. In den nächsten 4—6 Tagen schon erschien der Komet beträchtlich gröfser, bis zu 10 Minuten, und auch noch heller; die zentrale Stelle, welche man nicht recht als „Kern" bezeichnen konnte, hatte sich keilförmig verlängert und im Kopfe des Kometen trat aus der Nebelmasse ein helleres Segment deutlich hervor. Kaum viel mehr als eine Woche nach der Entdeckung wurde der Komet rasch lichtschwächer, obwohl er seinen beträchtlichen Durchmesser beibehielt, um Mitte November war auch eine Schweifspur zu erkennen. Die Beobachtungen in der ersten Zeit mufsten, da der verschwommenen Nebelmasse ein eigentliches Zentrum, auf das man die Messungen hätte beziehen können, fehlte, beträchtlich unsicher sein. Hierzu kam, dafs der Komet sich nur sehr langsam von einem Tage zum andern weiterbewegte, kaum 30 Zeitsekunden in Rektaszension und 5 Bogenminuten in Deklination, also die aus den Beobachtungen der ersten Tage ermittelten Positionen nur geringe Verschiebung enthielten. Da andererseits die Bahnbestimmung des Kometen, um dessen Weiterbewegung im voraus kennen zu lernen, schon bald, mit 3-tägiger Zwischenzeit, vorgenommen werden mufste, lagen die Verhältnisse für die Erlangung eines zuverlässigen Rechnungsresultates in diesem Falle viel ungünstiger, als es sonst bei ersten Bahnbestimmungen vorzukommen pflegt. In der That war die Sache so unsicher, dafs sich nicht einmal aus den Beobachtungen entscheiden liefs, ob der Komet sich der Erde näherte oder von ihr entfernte. Die bedeutende Gröfse des Kometen, sowie sein rasches Hellerwerden liefsen auf das erstere schliefsen, und da zwei Astronomen, Berberich in Berlin und Schulhof in Paris unabhängig von einander Bahnelemente fanden, die mit jenen des periodischen Kometen Biela grofse Aehnlichkeit zeigten, so lag der Gedanke nahe, dafs man in dem entdeckten Holmesschen Kometen den Bielaschen vor sich habe, dafs dieser eben wieder zur Erde zurückkehre und letztere bald einholen werde. Seit dem denkwürdigen Sternschnuppenfall vom 27. November 1872 und der Auffindung des Bielaschen Kometen wenige Tage nachher durch Pogson von der südlichen Erdhemisphäre aus hat sich der Komet Biela (der eine Umlaufszeit von 6,7 Jahren besitzt) nicht wieder gezeigt. Obwohl nun die Störungen,

Digitized by Google

die dieser Komet bis 1892 erleidet, nicht bekannt waren, wäre doch einige Möglichkeit gewesen, dafs der Komet Ende November abermals, wie im Jahre 1872, mit seinem Schweife die Erde hätte berühren können. Die wenigen Worte, die über diese Möglichkeit von wissenschaftlicher Seite in die Oeffentlichkeit gelangten, sind von sensationsbedürftigen Journalen, namentlich von französischen und amerikanischen Zeitungen zu einer Menge von Artikeln und Interviews ausgebeutet worden und der Komet hat auf diese Weise eine wahre Fluthbewegung der Druckerschwärze bewirkt. Sobald die Beobachtungen des Kometen Holmes bis zum 11. November reichten, konnte sicher entschieden werden, dafs dieser Komet nicht der Bielasche sei, und sich von der Erde entferne. Die Bestimmung der Bahnelemente blieb indessen immer noch zweifelhaft: Kreutz fand aus den Beobachtungen vom 9., 10., 11. November die Perihelzeit (Zeit der Sonnennähe) 16. August den Perihelabstand=0.836; Berberich und Weifs ebendieselben Elemente mit 19. April, resp. 1.70; Kreutz und Schulhof gaben Bahnelemente an, welche, ohne den Beobachtungen zu sehr zu widersprechen, Unsicherheiten der Perihelzeit vom März bis Juni zuliefsen. Erst nachdem die Zwischenzeit wesentlich erweitert werden konnte und es möglich war, fehlerhafte Beobachtungen auszuscheiden, gewann die Bahnbestimmung an Sicherheit und es zeigte sich, dafs die bis zum 23. November gemachten Beobachtungen auf die Bahn einer Ellipse schliefsen lassen. Nach den Rechnungen von Kreutz und jenen von Berberich würde der Komet 7.09 Jahre resp. 6.78 Jahre Umlaufszeit um die Sonne haben, der Knoten der Bahn würde bei 331° liegen, die Exzentrizität 0.407, die Bahnneigung $20^3/_4{}^0$, die tägliche Bahnbewegung über 500 Bogensekunden sein. Nach diesen Bahnelementen wird sich der Holmessche Komet im Laufe des Dezember durch das Sternbild der



Der Komet Holmes,
nach einer am 15. Nov. 1892 von Dr. Max Wolf in Heidelberg aufgenommenen Photographie.

Digitized by Google

Andromeda südwärts, täglich etwa 4 Bogenminuten in Deklination, bewegen, die Helligkeit wird langsam abnehmen, doch wird der Komet voraussichtlich noch lange beobachtbar bleiben.

Nun läfst sich auch der Weg mit völliger Sicherheit angeben, den der Komet lange vor seiner Entdeckung am Himmel genommen hat. Er mufste Mitte Juni in den „Fischen" gestanden haben und damals halb so hell wie am Entdeckungstage gewesen sein, dann bewegte er sich nordwestlich in langsam ansteigender Kurve mit immer zunehmender Helligkeit über dem Kopfe des Widders hinweg durch den Triangel und war schon am 18. August ungefähr so hell, wie bei der Entdeckung; dann lief er in Deklination steil aufwärts in die „Andromeda", wo er im November von Holmes entdeckt wurde. Demnach hätte der Komet schon 3 Monate früher mit gleicher Helligkeit am Himmel gestanden, ja er wäre der Kraft unserer Fernrohre schon ein halbes Jahr vor dem November zugänglich gewesen und es ist eine sehr eigenthümliche Thatsache, dafs er bei der sorgfältigen Ueberwachung des Himmels seitens der kometensuchenden Astronomen nicht früher aufgefunden worden ist. Sollte er dennoch damals, abweichend von der Rechnung, sehr schwach gewesen sein? Fast möchte man bei dem Holmesschen Kometen ein ganz abnormes Beispiel für die Entwicklung des Kometenlichtes vermuthen, zu welcher Vermuthung nicht wenig auch die schon angeführte Thatsache leitet, dafs der Komet nach dem 9. November innerhalb weniger Tage den doppelten Umfang und erheblich vermehrte Helligkeit erhalten hat, trotzdem er, wie die Rechnung zeigt, sich uns nicht genähert, vielmehr von uns schnell entfernt hat.

Zur Physik der Atmosphäre.

Unter den Ansichten, die zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen des Luftmeeres aufgestellt worden sind, fordert eine ein erhöhtes Interesse heraus, weil sie an die allermodernsten Erfahrungen im Gebiete jener so räthselhaften Naturkraft anknüpft. Arrhenius hat diese Hypothese zuerst ausgesprochen; sie lautet mit einer für die praktische Verwerthung derselben nicht in Frage kommenden und nur theoretisch wichtigen Abänderung: „Die Erde ist erfahrungsgemäfs aus Ursachen, die vorläufig sicher festzustellen unmöglich ist, mit einer Schicht negativer Elektrizität belegt. Eine besondere Gattung von Sonnenstrahlen — die ultravioletten — hat die Eigenschaft, negativ elektrische Körper durch die blofse Einstrahlung

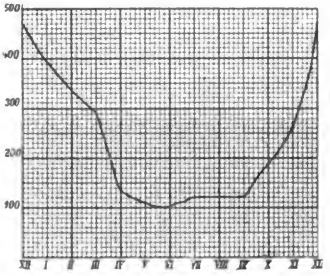
Digitized by Google

ihres Gehaltes an Elektrizität zu berauben. So wird auch die Erde durch die Sonnenstrahlen ihren Belag von negativer Elektrizität abgeben und die Luft damit bereichern." So weit die Hypothese. Zu ihrer Begründung bedarf es eingehender und vielseitiger Studien. Wir sind in der Lage, über ein umfangreiches, hierher gehöriges Material zu berichten, welches freilich auch an sich einen bedeutenden Werth besitzt, dem Arrhenius'schen Standpunkte aber eine gewisse Festigkeit verleiht und dabei viele, bisher noch recht im Dunkel liegende Phänomene mit hellem Lichte übergiefst. Dieses Material ist in den letzten drei Jahren von Elster und Geitel in Wolfenbüttel zusammengetragen und letzthin in den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien (März 1892) veröffentlicht worden. Eines mufs vorangeschickt werden. Die Arrhenius'sche Ansicht setzt voraus, dafs gerade diejenigen Körper, welche die flüssigen und die starren Bestandtheile der Erdrinde ausmachen, unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen jene merkwürdige Aenderung erleiden. Aber das war noch keineswegs bewiesen, sondern zuerst nur für einige Metalle bekannt, die, so lange ihnen eine blanke Oberfläche zukam, in der That seitens der Sonnenstrahlen zur Auslieferung ihnen zugeführter negativer Elektrizität gezwungen wurden. Es ist erst den genannten Herren mit Hülfe eines sehr feinfühligen Verfahrens gelungen, dieselbe Erscheinung für einige Mineralien darzuthun, so dafs also jetzt der Theorie eine experimentelle Grundlage zuerkannt werden mufs. Es handelt sich nun zur ferneren Begründung derselben um Beobachtungen der elektrischen Spannung in der Luft und gleichzeitig um Messungen der Intensität der brechbarsten Sonnenstrahlen zu den verschiedensten Zeiten des Tages und Jahres. Beide Arten von Messungen sind von Elster und Geitel ausgeführt und die Resultate in der mannigfachsten Weise verwerthet worden. So zeigt Fig. 1 den Verlauf der elektrischen Spannung während des Jahres, wie er aus 1478 Einzelmessungen an normalen, d. h. nicht durch eine Wolkendecke oder gar durch elektrische Entladungen gestörten Tagen sich ergiebt. Das auch schon von früheren Beobachtern konstatirte Absinken der Spannung im Sommer wurde von Exner durch eine hypothetische Abhängigkeit derselben von dem gerade herrschenden Dampfdruck erklärt. Wenn nämlich die Spannung des atmosphärischen Wasserdampfes hoch ist — wie im Sommer — so ist zugleich diejenige der Elektrizität herabgedrückt und umgekehrt.

Freilich sind die Abweichungen der Einzelmessungen von der Jahreskurve — wie wir hervorheben müssen — sehr bedeutende

Digitized by Google

wenn wir sie etwa mit den Anomalien, welchen die Temperatur für die einzelnen Tage des Jahres unterworfen sein kann, vergleichen. Untersucht man den Gang der elektrischen Spannung für einen bestimmten Tag, so findet man schon an demselben Erdorte nur wenig Uebereinstimmendes, und bei einer Vergleichung der für verschiedene Erdorte erlangten Resultate ergiebt sich leicht, dafs hier vielgestaltige lokale Einflüsse walten (vergl. z. B. die Kurven auf S. 258 des 4. Bd. von H. u. E.). Nur soviel liefs sich aus den Wolfenbüttler Beobachtungen erkennen, dafs die Spannung im Laufe eines Wintertages unter starken Schwankungen vom Morgen bis zum Abend zuzunehmen pflegt, im Sommer dagegen viel regelmäfsiger verläuft, indem sie Vormittags ihren höchsten, am späten Nachmittag ihren tiefsten Werth erreicht, und dafs die maximale Spannung desto höher ist, je niedriger die Sonne am Mittag steht, das Minimum desto tiefer, je beträchtlicher die Mittagshöhe der Sonne ist.



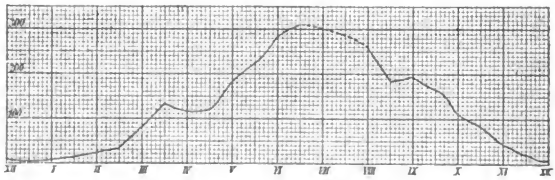
Figur 1.

Die Messungen für die Intensität der ultravioletten Sonnenstrahlen erstreckten sich über einen zweijährigen Zeitraum. Der Haupttheil der messenden Apparate war eine amalgamirte Zinkkugel, welcher eine gewisse negative Elektrizitätsmenge mitgetheilt wurde. Dem Einflusse der Sonnenstrahlen ausgesetzt, giebt diese Kugel in demselben Zeitraum desto mehr von ihrer Elektrizität an die Luft ab, je gröfser die Intensität der ultravioletten Strahlen ist. Wird also jener Verlust an einem Elektrometer gemessen, so ist er auch ein Mafs für den Betrag des zugestrahlten kurzwelligen Lichtes. Die Fig. 2 zeigt uns den jährlichen Gang der mittäglichen Intensität am Beobachtungsorte. Wir erkennen, dafs dieselbe zur Zeit des höchsten Sonnenstandes ihren gröfsten Werth annimmt — einen Werth, der das winterliche Minimum um das 70- bis 80-fache übertrifft, und dafs sie im Frühjahr steiler aufsteigt, als sie im Sommer abfällt — eine Eigenthümlichkeit, welche bekanntlich auch die Beobachtungen der Temperatur aufweisen. Aehnliche Schwankungen erleidet die ultraviolette Strahlung auch im Verlaufe eines

Digitized by Google

einzelnen Tages. Wir haben dieselbe in Bd. IV. S. 222 für Wolfenbüttel und die Höhe des Sonnblicks verzeichnet.

Bedenkt man, dafs auch der Dampfdruck zur Zeit des höchsten Sonnenstandes sein jährliches Maximum erreicht, dafs also Dampfdruck und ultraviolette Sonnenstrahlung einen parallelen Verlauf zeigen, so wird der Gedanke nahe gelegt, den Zusammenhang dieser beiden Gröfsen ins einzelne zu verfolgen. Das Resultat ist merkwürdig genug. Stellt man für denselben Sonnenstand die Gröfse des Dampfdrucks mit der gleichzeitigen Intensität der brechbarsten Sonnenstrahlen zusammen, so ersieht man auf den ersten Blick, dafs beide Werthe mit einander sinken und wachsen. Und somit ergiebt sich der so einfache wie auffallende Satz, dafs die Luft, je mehr Wasserdampf sie enthält, desto mehr ultravioletten



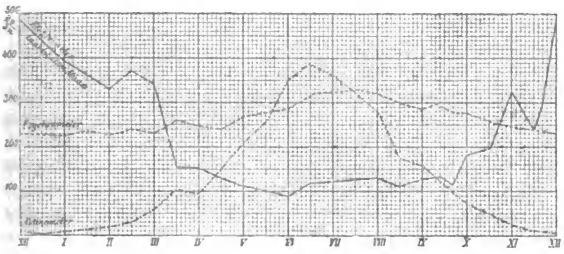
Figur 2.

Strahlen den Weg öffnet. Ganz unerwartet ist dieses Resultat freilich nicht. Für die chemisch wirksamen Strahlen der Sonne, die ja im wesentlichen mit den ultravioletten identisch sind, hat bereits Roscoe eine Zunahme mit der Lufttemperatur nachgewiesen. Elster und Geitel machen es wahrscheinlich, dafs der wechselnde Staubgehalt der Luft es ist, auf den die sonderbare Thatsache als ihren ersten Grund hinweist. Photometrische Beobachtungen werden nämlich nur an Tagen angestellt, die der Wolken besonders entbehren. Um solche zu bilden, ist aber nach den Untersuchungen von Aitken und R. von Helmholtz (vergl. H. u. E. Bd. IV. S. 433) das Vorhandensein von Staubkernen in der Luft erforderlich. Ist der Dampfgehalt ein hoher und doch Wolkenbildung nicht zu beobachten, so läfst sich das in der That nur durch den Mangel kondensirender Staubmassen erklären. An jenen klaren dampfreichen Tagen wird infolge dessen die Durchlässigkeit der Luft eine recht grofse sein.

Da nun der Dampfgehalt der Atmosphäre andererseits in der von Exner angegebenen Verbindung mit der elektrischen Spannung

Digitized by Google

der Luft steht, so läfst sich hieraus schon eine Beziehung zwischen dieser und dem Betrage der ultravioletten Strahlung erschliefsen. Ein Zunehmen der einen mufs ein Absinken der anderen zur Folge haben. Wir zeigen in Fig. 3 den gleichzeitigen Verlauf aller drei in Betracht kommenden Gröfsen. Ohne weiteres erkennt man daraus, wie dem Maximum der Strahlung ein Minimum des Dampfdrucks und der elektrischen Spannung entspricht und wie selbst die sekundären Maxima und Minima einander entsprechen. So ergiebt sich die elektrische Spannung als von der ultravioletten Strahlung, und dadurch mittelbar auch vom Dampfdruck abhängig, und manche von den sonst so unerklärlichen Schwankungen derselben sind durch Aenderungen dieser beiden Gröfsen zu erklären. Eine Bestätigung für die Wirkung



Figur 3.

des Dunstgehaltes in der Atmosphäre fanden die Beobachter auch noch durch eine andere Art von Messungen. Sie schätzten nämlich, während sie die elektrischen Beobachtungen anstellten, zugleich die Durchsichtigkeit der Luft an der Sichtbarkeit von Merkmalen, die in gewissen Entfernungen vom Beobachtungsorte lagen, und fanden die Spannung geringer, wenn die Luft weniger durchsichtig war. Indem der Dunst den kurzwelligen Sonnenstrahlen den Weg zum Erdboden abschneidet, verhindert er somit die Zerstreuung der Elektrizität in die Lufthülle.

Es kann wunderbar erscheinen, dafs die atmosphärische Elektrizität nach Verlauf gewisser Perioden wieder denselben Werth annimmt, da doch nach der Arrheniusschen Hypothese ein fortwährendes Entweichen der negativen Elektrizität in die Luft und den Weltraum stattfinden müfste. Aber wir dürfen annehmen, dafs dem Erdboden diejenigen Elektrizitätsmengen, die ihm untreu geworden

Digitized by Google

sind, etwa durch die Niederschläge gesammelt, wieder zugeführt werden. Und diese Rückkehr braucht dabei keineswegs nach derselben Stelle der Erdoberfläche stattzufinden. Dabei wird der aufsteigende Strom der Elektrizität vielleicht auch elektromagnetische Wirkungen zeitigen, wie denn Schuster bereits vor drei Jahren gezeigt hat, dafs elektrische Ströme in der Atmosphäre, die vom Sonnenstande beeinflufst sind, die tägliche Variation der Magnetnadel hervorbringen können. Die an den Orten stärkster Einstrahlung (also besonders in niedrigen Breiten) von der Erdoberfläche in die Luft eingedrungene negative Elektrizität wird in den höheren Schichten der Atmosphäre nach den Stellen hinströmen, die infolge der verhältnifsmäfsig geringen Zustrahlung ultravioletten Lichtes besonders arm an negativer Elektrizität sind. Diese Stellen sind die über den Polen lagernden Theile der Lufthülle. Somit liefse sich das Polarlicht als eine diese Strömung begleitende Lichterscheinung deuten.

Wir schliefsen unser Referat mit einem andern Ergebnisse, welches die Beobachtungen geliefert haben, und das, wenn es auch nicht neu, sondern auf anderem Wege bereits durch die bolometrischen Untersuchungen Langleys (H. u. E. Bd. IV S. 377) u. a. bekannt ist, doch hier auf originellem Wege abgeleitet ward. Es handelt sich um das wählerische Verhalten der Luft bei der Absorption der verschiedenen Strahlen des Sonnenspektrums. Während sie die einen fast ungehindert passiren läfst, werden andere in besonders hohem Mafse verschluckt, und selbst besondere Schichten der Lufthülle zeigen derselben Strahlengattung gegenüber ein verschiedenes Verhalten. So zeigt sich, dafs gerade den untersten Schichten der Atmosphäre eine besondere Vorliebe für die Verzehrung kurzwelliger Strahlen eignet, so dafs auf Bergesgipfeln diese Strahlengattung einen weit beträchtlicheren Theil des Sonnenlichtes ausmacht, als in der Ebene. Ganz dasselbe gelang nun Elster und Geitel auch bei der Berechnung der in Wolfenbüttel, Kolm Saigurn und auf dem Sonnblick angestellten Beobachtungen zu konstatiren. Schon am erstgenannten Orte zeigte es sich, dafs die Mittagssonne, deren Strahlen einen weit geringeren Weg durch diese untersten Schichten zu nehmen haben, einen viel höheren Betrag an ultravioletten Strahlen besitzt, als ihr, selbst nach der Länge dieses Weges berechnet, zukommen müfste. Am auffallendsten aber wird das Verhältnifs bei der Erhebung auf die Alpenhöhe. Da zeigt sich, dafs von allen ultravioletten Strahlen, die uns aus dem Weltenraume zukommen, bis zur Sonnblickhöhe (3100 m) drei Fünftel, und von den aus dem Schiffbruche geretteten, auf weitere 1500 m etwa ein Viertel,

Digitized by Google

in den der Erde nächsten Schichten aber, zwischen 1600 m (Kolm Saigurn) und 90 m (Wolfenbüttel), von den noch übrigen fast die Hälfte vernichtet werden. Der hohe Gehalt an chemisch wirksamen Strahlen, den das Sonnenlicht im Hochgebirge aufweist, verräth sich übrigens — wie Referent hinzufügt — durch ihre starke Wirkung auf die menschliche Haut. Der Tieflandbewohner ist gegen diese Srahlen durch die Dicke und vielleicht auch den Staubgehalt der über ihm lagernden Luftschicht geschützt. Sm.

Die meteorologischen Aufzeichnungen auf dem Eiffelthurme.

Auf dem zweiten internationalen Meteorologenkongrefs in Rom im Jahre 1879 erstatteten Prof. Hann (Wien) und P. Denza (Rom) Bericht über die Beobachtungen auf hohen Bergen und im Luftballon und erweckten dadurch von neuem allseitiges Interesse für diese Frage. Die Errichtung mancher schon vorher geplanten Bergobservatorien wurde infolge dieser Anregung beschleunigt; die regelmäfsigen Beobachtungen im Fesselballon, welche der Kongrefs empfohlen hatte, erwiesen sich dagegen praktisch schwer durchführbar, und es sind daher in dieser Hinsicht wenig Fortschritte zu verzeichnen. Einen nahezu vollkommenen Ersatz für solche Beobachtungen gestattet jedoch der Eiffelthurm. Bei seiner bedeutenden Höhe und geringen Masse giebt er die Verhältnisse der „freien Atmosphäre" viel besser an, als selbst hochgelegene Gipfelstationen, welche stets den störenden Einflüssen der Erdoberfläche unterworfen sind. Die Beobachtungsergebnisse von dem Eiffelthurme haben den an sie gestellten Anforderungen durchaus entsprochen, so dafs aus ihnen schon nach verhältnifsmäfsig kurzer Zeit interessante Schlüsse gezogen werden konnten, worüber namentlich Herr Angot Mittheilungen gemacht hat.

Die instrumentelle Ausrüstung der meteorologischen Station auf dem Eiffelthurme ist eine vorzügliche. Zur direkten Ablesung sind ein Quecksilberbarometer, Psychrometer und Extremthermometer vorhanden; aufserdem werden oben Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Regen fortlaufend selbstregistrirt. Ferner sind ein Thermograph, eine Windfahne, sowie Anemographen für horizontale und vertikale Luftströme aufgestellt, deren Angaben mittelst elektrischer Uebertragung in dem 500 m vom Fufse des Eiffelthurms entfernten meteorologischen Zentralbureau abzulesen sind. Alle Registririnstrumente sind von Richard Frères in Paris konstruirt und arbeiten mit Ausnahme

Digitized by Google

des Anemographen zur Messung vertikaler Luftbewegung durchaus befriedigend. Sie sind auf der obersten Plattform des Thurmes, 300 m über dem Boden (334 m über dem Meeresniveau) aufgestellt; nur die Barometer sind in der zweiten Etage, 280 m hoch, angebracht. Aufserdem befinden sich noch Thermometeraufstellungen in 197 m und in 123 m Höhe. Zum Vergleich mit den Aufzeichnungen auf dem Eiffelthurme dienen die Beobachtungen im meteorologischen Zentralbureau und diejenigen des ca. zwei Stunden von Paris entfernten Observatoriums im Parc Saint Maur.

In erster Linie erregten die Windverhältnisse auf dem Eiffelthurm das Interesse der Meteorologen. Die Windstärke ist oben unerwartet grofs, sie ist ungefähr dreimal so grofs als im meteorologischen Zentralbureau und übertrifft sogar noch die auf dem 2500 m hohen Säntisgipfel. Eine gesetzmäfsige Beziehung zwischen der Windstärke oben und unten ist wenig ausgesprochen; vielmehr zeichnen sich häufig gerade ruhige Perioden an der Erdoberfläche durch heftigen Wind in der Höhe aus. Theoretisch bemerkenswerth ist der tägliche Gang der Windstärke. Während am Erdboden der Wind am stärksten um Mittag, am schwächsten gegen Sonnenaufgang ist, tritt auf dem Eiffelthurme das Maximum um Mitternacht, das Minimum gegen 10 Uhr Morgens ein. Dafs diese für hohe Berge charakteristische Umkehr der täglichen Periode sich schon in der Höhe von 300 m und gerade hier besonders stark zeigt, spricht für die Richtigkeit der Köppenschen Theorie. Hiernach wird die Windgeschwindigkeit unten am Tage vergröfsert durch das Herabsinken der oberen, rascheren Luftströme, während die langsamer fliefsenden Winde am Erdboden aufsteigen. In der wärmsten Tageszeit mufs demnach der Unterschied in der Windstärke oben und unten am kleinsten sein; in der That ist das Verhältnifs der Windstärken um Mitternacht etwa doppelt so grofs, als um Mittag.

Der Luftdruck zeigt in seinem täglichen Gange einen Uebergang von den Vorgängen in der Ebene zu denen auf Berggipfeln, die Hauptextreme erscheinen oben verspätet und sind etwas abgeschwächt im Vergleich zum Erdboden, während die sekundären Maxima und Minima mehr hervortreten.

Wie zu erwarten, sind die Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen auf dem Eiffelthurme viel geringer, als in Paris. Die tägliche Temperaturamplitude ist fast genau so grofs (5° C.), wie auf dem 1467 m hohen Puy de Dôme; wir haben also auch hier die Erscheinung, dafs der Eiffelthurm meteorologische Verhältnisse zeigt, welche man erst in weit gröfseren Höhen vermuthete. Die Temperatur

Digitized by Google

ist eine ziemlich hohe, die vertikale Temperaturabnahme um 7 Uhr Morgens beträgt im dreijährigen Durchschnitt nur 0.13° C., während als normal 0.56° gilt. Diese Gröfse variirt jedoch innerhalb sehr weiter Grenzen; es traten Fälle ein, wo es auf der Spitze des Eiffelthurms 8° kälter war als unten, während es zu andern Zeiten oben um 12° wärmer war. Temperaturzunahme mit der Höhe zeigt sich hier auffallend häufig — in 33 pCt. aller Fälle —, besonders, wenn Paris am Südwestrande eines Maximalgebietes liegt, wo sich auf diese Weise schon das Herannahen einer Depression bemerkbar macht. Es scheint daher nicht ausgeschlossen, dafs sich aus den Eiffelthurm-Aufzeichnungen Nutzen für die Prognostik ziehen läfst, namentlich bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Anomalien in den Feuchtigkeitsverhältnissen.

Wenig erfreulich sind die Resultate der Regenmessungen. Bei starkem Winde werden die in den Regenmesser fallenden Tropfen wieder herausgeworfen, so dafs dann selbst heftige Niederschläge keine mefsbaren Mengen liefern. Es ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit, den Regenmesser stets gegen den Wind zu drehen, jedoch hat man bei dem Raummangel auf der Plattform des Thurmes von solchen Vorrichtungen einstweilen Abstand genommen.

Die werthvollen Ergebnisse, welche der Eiffelthurm geliefert hat, lassen den Wunsch nach einer Vermehrung derartiger Observatorien durchaus berechtigt erscheinen. Ein ähnliches und wohl noch grofsartigeres Unternehmen dieser Art wird jetzt in Chicago vorbereitet; mögen bald weitere nachfolgen! Sg.

Die Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik, welche vor anderthalb Jahren von einer Anzahl Fachmänner begründet worden ist, um das Interesse für die besagten Wissenschaften in grösseren Kreisen durch Anregung und Belehrung zu fördern[1]), hielt am 26. November in Berlin ihre diesjährige Herbstversammlung ab.

Nachdem der Vorsitzende Prof. Lehmann-Filhés die Versammelten begrüfst und einen kurzen Rückblick auf die Thätigkeit in dem letzten Jahre gegeben hatte, theilte er mit, dafs die Mitgliederzahl jetzt 240 betrage. Sodann berichtet er, dafs der Vorstand höheren Ortes eine Subvention für die Vereinigung beantragt habe.

Prof. Foerster begründet diesen Subventionsantrag durch den Hinweis, dafs eine Reihe wichtiger Forschungen nur durch das Zusammenwirken mehrerer, wie dies bei der Vereinigung der Fall sei, und durch Zuwendung

[1]) Statuten und Mitgliederverzeichnifs der Vereinigung, sowie Probehefte der von Prof. Dr. Foerster, Direktor der Königl. Sternwarte zu Berlin, herausgegebenen „Mittheilungen der Vereinigung“ können auf Wunsch durch den Schriftführer Dr. Schwahn Berlin, Invalidenstrafse 57—62, bezogen werden.

Digitized by Google

reicherer Mittel zu einer gedeihlichen Entwickelung gebracht werden könnten. Ein solches Forschungsgebiet sei die weitere Ergründung der leuchtenden Nachtwolken. Herr Jesse habe gezeigt, dafs damit wichtige kosmische Probleme in Beziehung stehen, welche namentlich die Existenz eines interplanetarischen Mediums und das Vorhandensein von Gegenwirkungen dieses Mediums auf die obersten Stoffschichten der Erdatmosphäre betreffen. Infolge der schrägen Stellung der Erdaxe zu der Bewegungsrichtung der Erde müssen besagte Gegenwirkungen Zirkulationsströmungen in den obersten Theilen der Erdatmosphäre bewirken, die sich in einer Verschiebung der 80 bis 90 Kilometer hoch schwebenden leuchtenden Wolken dokumentiren und sich derartig äufsern würden, dafs diese Gebilde alternirend in unseren Sommern nach dem Nordpol, in unseren Wintern nach dem Südpol hinwandern müfsten. Um nun die wichtige Frage nach dem Vorhandensein einer den Sternenraum ausfüllenden, äufserst zarten Materie zu lösen — eine Frage, die zunächst nur durch Deduktionen nahe gelegt ist, — bedarf es der Ausrüstung einer Expedition nach den Tropengegenden, welche daselbst das Auftreten und die Bewegungsvorgänge der leuchtenden Nachtwolken weiter verfolgt. Dies ist um so nothwendiger, als eine von Herrn Jesse ergangene Aufforderung zur Betheiligung an derartigen Untersuchungen bei den dortigen Sternwarten nicht das gewünschte Entgegenkommen gefunden hat. Da auch die Akademie der Wissenschaften nicht mehr in der Lage ist, ihre bisherigen Unterstützungen für diesen Zweck fortzusetzen, so liege es in der Absicht, mit allen Kräften dahin zu wirken, dafs solche Expeditionen zu stande kommen.

Ein weiteres Gebiet, auf dem von einzelnen Mitgliedern schon erfreuliche Resultate erzielt worden sind und das die Vereinigung zu kultiviren gedenkt, ist die photographische Aufnahme gröfserer Theile des Himmels. Herr Dr. Wolf in Heidelberg und Herr Archenhold in Berlin haben in dieser Richtung mit verhältnifsmäfsig geringen instrumentellen Hülfsmitteln ganz bedeutende Resultate zu Tage gefördert. Auch auf die Fortsetzung dieser Bethätigung bezieht sich der Subventionsantrag.

Prof. Foerster theilte sodann der Versammlung mit, dafs eine astronomische Vermuthung von höchster Tragweite, nämlich das Vorhandensein von Schwankungen des Erdkörpers um seine Rotationsaxe, in jüngster Zeit volle Bestätigung gefunden hat durch die Ergebnisse der Polhöhenbeobachtungen, welche auf Veranlassung der internationalen Erdmessung von Herrn Dr. Marcuse und Mr. Preston auf den Hawai-Inseln, korrespondirend mit entsprechenden Polhöhenbeobachtungen auf einigen mitteleuropäischen Sternwarten (Berlin, Prag, Strafsburg), erzielt worden sind. Es hat sich herausgestellt, dafs die Erwartung, die Polhöhenschwankungen seien in Honolulu das genaue Spiegelbild von denjenigen, welche im gleichen Zeitraum auf dem Antimeridian in Mitteleuropa beobachtet worden sind, nicht getäuscht worden ist. Damit ist erwiesen, dafs die seit einigen Jahren konstatirten kleinen Aenderungen der Polhöhen sich nur durch eine Verschiebung der Erdaxe im Erdkörper erklären lassen. Nach einem jüngst der Astronomenversammlung in Brüssel von Prof. Albrecht vorgelegten Berichte (siehe: Astronomische Nachrichten Bd. 131 No. 3131) beträgt die Periode dieser Erdschwankung etwas mehr als ein Jahr, nämlich 386 Tage, während der Maximalausschlag 0,5 bis 0,6 Bogensekunden erreicht, was einer Verschiebung der Pole auf der Erdoberfläche um nahezu 20 m entspricht. Die Ursachen dieser Erscheinung sind noch nicht ganz sichergestellt, doch lassen sie sich vermuthlich zurückführen auf hydrologische und meteorologische Massenversetz-

Digitized by Google

ungen auf der Erdoberfläche, welche mit dem jährlichen Sonnenlaufe in Beziehung stehen und durch Veränderung des polaren Hauptträgheitsmomentes des Erdkörpers auch kleine Ausschläge zwischen seiner momentanen Umdrehungsaxe und der Hauptträgheitsaxe bewirken. Da der Gegenstand für die Geodäsie und nicht minder für die Geophysik von der höchsten Tragweite ist, so beabsichtigt die internationale Erdmessungskommission, einen regelmäfsigen Ueberwachungsdienst der Polhöhen auf passend gelegenen Sternwarten einzurichten.

Der Vorstand der geophysikalischen Arbeitsgruppe, Regierungsrath Dr. Weinstein, forderte sodann die Mitglieder zur Beobachtung einiger bei den Nordlichterscheinungen wichtigen Phänomene auf, die trotz der geringen Hülfsmittel, welche gerade hier zur Verfügung stehen, doch Erledigung finden können. Da wir gegenwärtig wiederum einer Periode erhöhter Aktivität auf dem Sonnenballe entgegengehen, welche sich jetzt schon durch die Ausbildung zahlreicher grofser Fleckengruppen kund giebt, und da bekanntlich der innige Zusammenhang zwischen den Revolutionsvorgängen auf der Sonnenoberfläche und den erdmagnetischen Aeufserungen nach den bisherigen Erfahrungen ein vollauf begründeter ist, so sei ein häufigeres Auftreten von Polarlichterscheinungen in mittleren Breiten für die Folgezeit wohl zu erwarten.

Herr Regierungsbaumeister Schleyer berichtet über sehr erfreuliche Erfolge derjenigen Gruppe, welche sich mit den Helligkeitsschwankungen der Sterne beschäftigt. Durch Herstellung von Orientirungskarten für die veränderlichen Sterne und andere geeignete Hülfsmittel der Beobachtung sei hier im engeren Kreise von etwa 14 Mitgliedern recht thätig gearbeitet. Ebenso günstige Resultate weise auch die Gruppe auf, welche sich mit der Aufzeichnung von Sternschnuppenbahnen befafst.

Herr Dr. Schwahn verliest sodann eine briefliche Mittheilung des Prof. Schiaparelli in Mailand, worin derselbe sich über eine Anzahl von Zeichnungen der Marsoberfläche, welche von einem Mitgliede, Herrn Hilliger in Barcelona, unter Benutzung eines vierzölligen Refraktors während der letzten Oppositionszeit angefertigt worden sind, sehr anerkennend ausspricht. Schiaparelli erwähnt darin auch, dafs der weitere Fortschritt in der Marsforschung wohl von Amerika zu erwarten sei, da gegenüber den Riesen· instrumenten dieses Landes die europäischen Sternwarten nicht mehr mit gleichem Erfolge wirken können.

Am Schlusse erklärte Herr Wurtzel einen von ihm erfundenen Meteorographen, welcher in sinnreicher Weise das Problem der sichersten und schnellsten Registrirung von Winkelmessungen bei Ortsbestimmungen von Sternschnuppen, Polarlichtstrahlen u. dergl. löst.

Digitized by Google

Moritz Cantor: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. I. Band: Von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1200 n. Chr. Leipzig 1880. II. Band: Von 1200—1668. Leipzig, Teubner. 1892.

Der Versuch des Verfassers, die Entwickelung des mathematischen Wissens gegenüber den heute zum Theil veralteten Werken von Montucla und Kästner in einer kritischen Durchforschung neuerdings zusammen zu fassen, ist schon vor zwölf Jahren, als der erste Band dieser im modernen Geiste gehaltenen Bearbeitung erschien, allerseits mit grofsem Beifall aufgenommen worden. Der lange Zeitraum, der zwischen der Publikation des ersten und des zweiten Bandes liegt, hat dem letzteren nur zum Vortheile gereicht, denn auch er repräsentirt sich uns als ein Musterbild von Gründlichkeit und ausdauerndem Fleifs. Da ist wenig, was etwa aus zweiter Hand genommen wird, überall treten uns Selbständigkeit der Untersuchung, sorgfältiges Durcharbeiten der zur Erörterung gelangenden Leistungen der Mathematiker, bedächtiges Abwägen der Begabung der mathematischen Schriftsteller, Vorsicht und Mäfsigung bei der Aufstellung eigener Meinungen oder der Beurtheilung gegnerischer Hypothesen entgegen. Der Vorgänger in Darstellungen der Geschichte der Mathematik, den Cantor noch am meisten nennt und benutzt, ist Hankel; er hebt dessen Verdienste um die Klarstellung verschiedener geschichtlicher Fragen hervor und sagt selbst, dafs sich betreffs einzelner Kapitel kaum besseres geben lasse, als was Hankel in seiner Geschichte der Mathematik (1872) geschrieben.

Bei einem Werke von dem Umfange des vorliegenden (beide Bände enthalten zusammen über 1600 Seiten) können wir auf die einzelnen Theile nicht näher eingehen und müssen uns darauf beschränken, nur Einiges besonders hervorzuheben. — Der erste Band führt uns durch die antike Zeitepoche, an den Leistungen der Egypter, Babyloner, Griechen und Römer, Inder, Araber und Chinesen vorüber ins Mittelalter, in die Zeit der Klostergelehrsamkeit, des Wiederauflebens des Rechnens mit dem Abakus (dem Rechenbrette) und des Gebrauchs der Apices (aus denen unsere Ziffern sich entwickelten), zeigt dann das allmälige Ueberwiegen der Algorithmiker (Gebrauch der indischen Null und Verlassen des Abakus), und schliefst ab mit Leonardo Pisano (1200 n. Chr.). Der Verfasser berührt zweimal die Boethius-Frage. In einer von Boethius (524 n. Chr. enthauptet) angeblich herrührenden Schrift heifst es an einer Stelle, dafs schon die Pythagoräer den Abakus gekannt und mit 9 Zeichen gerechnet haben. Während Hankel und Friedlein glauben, dafs in der Schrift des Boethius eine theilweise Fälschung vorliegt, nämlich eine spätere Verbindung jener Schriftstelle seitens eines Unbekannten im 10. oder 11. Jahrhundert mit einem wirklich von Boethius selbst geschriebenen Opus, neigen Cantor u. a. der Echtheit der Schrift zu und halten es nicht für unmöglich, dafs die von den Neupythagoräern gebrauchten 9 Ziffern thatsächlich die Apices

Digitized by Google

der späteren Zeit sein könnten. Bei Besprechung Gerberts (nachmaligen Pabstes Sylvester II, gest. 1003), des Wiedererweckers des Abakusrechnens, unterzieht der Verfasser den Lebenslauf und die Studien Gerberts einer sorgfältigen Besprechung, zeigt, dafs das Columnenrechnen mit dem Abakus keinesfalls dem Gerbert aus arabischen Quellen (dem maurischen Spanien) bekannt geworden sein kann; dafs eher die Schrift des Boethius diese Quelle sein konnte, in solchem Falle aber deren Echtheit nicht bestritten werden könne.

Der zweite Band beginnt mit Leonard von Pisa und seinem „liber abaci", behandelt dann die Leistungen der Mathematiker des 13. Jahrhunderts, der deutschen Rechenlehrer Johann von Gmunden, Peurbach, das Aufkommen der Rechenbücher durch Pietro Borgo und Petzensteiner, die allmälige Einbürgerung des Rechnens „auf der Linien" und das Auftreten der Mathematik als Lehrgegenstand an deutschen Universitäten. Die Darstellung der Lösung cubischer Gleichungen giebt dem Verfasser Gelegenheit, auf den bekannten Streit zwischen Tartaglia und Cardano besonders einzugehen. Tartaglia soll die Lösung cubischer Gleichungen gefunden und dem Cardano auf dessen Drängen gegen ausdrückliches Versprechen der Verschwiegenheit mitgetheilt haben; trotzdem hat Cardano in seiner Ars magna (1545) die Lösung veröffentlicht. Das Verhalten Cardanos, sowie seines Schülers Ferrari bei einem ihnen später von Tartaglia angebotenen mathematischen Turnier (bestehend in der Lösung cubischer Gleichungen), würde deren Charakter ebenfalls ein ungünstiges Zeugnifs ausstellen. Cantor behandelt die Ansprüche der bei dem Streite Betheiligten durch drei Kapitel hindurch. Dem Vorwurf gegen Cardano, dafs dieser 1545 den gegebenen Eid gebrochen, stimmt er bei, dagegen findet er, indem die seitens Cardano, Ferrari und Tartaglia erschienenen Schriften der Zeitfolge ihrer Veröffentlichung nach auf ihren wissenschaftlichen Werth analysirt werden, dafs für Cardano die bedeutsamsten Erkenntnisse betreffs der Lösung der cubischen Gleichungen, nämlich die näherungsweise Auflösung, das Vorhandensein dreier Wurzeln, die Wegschaffung des quadratischen Gliedes u. a. m. in Anspruch genommen werden können, ja dafs Tartaglia in seinen mathematischen Verdiensten selbst unter Ferrari, den glaubenseifrigen Schüler Cardanos, gestellt werden dürfe. Das klingt freilich ganz anders, als die bisherige Auffassung des Streites, nach welcher dem Tartaglia nur schweres Unrecht geschehen ist, welcher Ansicht Hankel seinerzeit mit den Worten Ausdruck gab: „Der Mann, dem wir den gröfsten Fortschritt der Mathematik im 16. Jahrhundert verdanken, wurde vergessen und nach dem treulosen Cardano wurde die dem Tartaglia entwendete Formel bezeichnet." — Eine ähnliche Beschuldigung geistigen Diebstahls entscheidet Cantor auch betreffs des Streites Roberval-Toricelli. Nach einer Erzählung Pascals soll Debeaugrand im Jahre 1638 gewisse neue, von Roberval über die Cycloide gefundene mathematische Sätze an Galilei gesendet haben, Toricelli hätte diese später für sich in Anspruch genommen. Durch genauen Verfolg der vorhandenen Briefe kommt Cantor zum Schlufs, dafs diese Sätze vor April 1639 nicht von Roberval gefunden worden sind, also Toricelli 1638 jedenfalls schon selbständiger Finder derselben war, sein Charakter demnach ohne Makel bleibt. — Der zweite Band legt ferner die Errungenschaften auf dem Gebiete der Zahlentheorie dar, geht dann zu der geometrischen Art der Auflösung gegebener Gleichungen (Vieta, Girard) über. Dann folgt die Begründung der analytischen Geometrie der Ebene durch Descartes (1637) und die sich hierauf aufbauenden ersten Versuche zu Infinitesimalbetrachtungen (Cavalieri, Kepler). Vor dem

Digitized by Google

Auftreten der Geistesheroen Leibnitz und Newton (1688) schliefst der Band ab.

Wir können unserem kurzen Referate nur noch den Wunsch hinzufügen, dafs es dem verdienstvollen Forscher vergönnt sein möge, bald auch noch den dritten Band seines Werkes, der uns wahrscheinlich bis zu den Leistungen am Anfang unseres Jahrhunderts weiterführen wird, zu vollenden.

F. K. Ginzel.

Felix Müller, Zeittafeln zur Geschichte der Mathematik, Physik und Astronomie bis zum Jahre 1500. Leipzig 1892, Verlag von B. G. Teubner. Preis geb. 2,40 Mk.

Im Anschluss an die obige Besprechung des grofsen mathematischen Geschichtswerkes von Cantor wollen wir gleichzeitig auf die vorliegenden Zeittafeln hinweisen, welche allen denjenigen, die das kostbare Werk Cantors vielleicht nur gelegentlich oder gar nicht zu benutzen in der Lage sind, eine sehr nützliche Uebersicht über die historische Entwicklung der exakten Wissenschaften im Alterthum und Mittelalter bieten werden. Besonders verdienstvoll ist es, dafs Prof. Müller, ein hervorragender Kenner der mathematischen Litteratur, überall in ausführlichster Weise auf die Quellenwerke hinweist, bei denen derjenige, der mehr zu erfahren wünscht, die möglichst genaue Belehrung finden wird. Dadurch werden die „Zeittafeln" ein willkommener Ersatz für eine noch nicht existirende, brauchbare mathematische Bibliographie der älteren Zeit. — Möge der Verfasser seine Arbeit recht bald bis zur Gegenwart fortsetzen, denn fast möchte uns ein ähnlicher Leitfaden durch die Geschichte und Litteratur der Neuzeit als ein noch dringenderes Bedürfnifs erscheinen.

F. Kbr.

Gerland, Geschichte der Physik. 4. Band von Webers naturwissenschaftschaftlicher Bibliothek. Leipzig 1892. J. J. Weber's Verlag. Preis geb. 4 Mk.

Das vorliegende, vortrefflich ausgestattete Werkchen wird für viele, die nicht in der Lage sind, gröfsere Geschichtswerke der physikalischen Disziplinen benutzen zu können, eine werthvolle Gabe sein. Denn auf allen Wissensgebieten kann erst die historische Orientirung über die allmähliche Entwicklung und gegenseitige Beeinflussung der Erkenntnisse zu deren vollem Verständnifs führen. Der Verfasser liefert im vorliegenden Bändchen eine zusammenhängende, angenehm lesbare Darstellung der Geschichte der Physik und versteht es auch, über wichtige theoretische Arbeiten mit wenigen Worten ohne Anwendung von mathematischen Formeln derart zu berichten, dafs der Leser einen Einblick in die prinzipiellen Fragen, um die es sich handelt, gewinnt. Wenn auch der letzte Abschnitt nach des Verf. eigenen Worten nicht die gesamte Wissenschaft der Gegenwart umfafst, da diese noch nicht Gegenstand der Geschichte sein kann, sondern nur die angeknüpften Fäden verfolgt, „bis sie sich im Glanze der Gegenwart verlieren", so kann doch die gebührende Beachtung auch der neuesten Forschungsergebnisse, soweit sie von historischer Tragweite sind, als ein besonderer Vorzug des Buches hervorgehoben werden. Da, wo schwierige, durch Worte allein nicht leicht zu beschreibende Versuchsanordnungen zu schildern waren, ist das Werkchen mit zweckmässigen, einfachen Illustrationen bereichert worden. Am Schlusse finden wir neben einem ausführlichen Register auch eine recht brauchbare, chronologische Litteratur-

Digitized by Google

tabelle, bei der freilich die epochemachenden, wissenschaftlichen Werke durch fetten Druck gegen blofse historische Untersuchungen hätten hervorgehoben werden sollen. F. Kbr.

J. G. Wallentin, Einleitung in das Studium der modernen Elektrizitätslehre. Stuttgart, Verlag von F. Enke. 1892.

Das Buch ist für diejenigen geschrieben, „welche, ausgerüstet mit den Kenntnissen in der Elektrizitätslehre, wie sie in unsern höheren Schulen den Schülern beigebracht werden, bestrebt sind, mit den theoretischen Anschauungen auf diesem Gebiete, mit den wesentlichen Hülfsmitteln der experimentellen Forschung und mit den grundlegenden Methoden derselben sich vertraut zu machen."

Das Buch ist gut; aber es scheint uns, als habe es seine schwachen Seiten. Was zunächst den Stoff angeht, so ist derselbe vom Verfasser in ziemlich vollständiger Weise zusammengestellt.

Ebenso wird man mit der Darstellung in logischer Beziehung einverstanden sein. Die Beweise, bei denen in der Regel die mathematische Deduktion nicht entbehrt werden konnte, sind einfach und verständlich; an einzelnen Stellen, so in der Lehre von der Induktion, werden die Elemente der Differential- und Integralrechnung vorausgesetzt. Es ist das natürlich viel besser, als der Versuch, alles elementar zu beweisen.

In pädagogischer Beziehung scheint es uns, als befleifsige sich der Verfasser einer Entkleidung der Vorgänge von allem, was anschaulich und praktisch ist, als habe er sich Mühe gegeben, ein recht abstraktes Buch zu schreiben. Beispielsweise wird der Begriff des elektrischen Widerstandes in der Weise eingeführt, dafs zunächst c, der Coefficient der elektrischen Leitungsfähigkeit, definirt wird, als die Elektrizitätsmenge, welche einen Draht, dessen Querschnitt die Flächeneinheit und dessen Länge die Längeneinheit ist, in der Zeiteinheit durchfliefst, wenn die Enden eine Potentialdifferenz vom Werthe Eins aufweisen. Die Betrachtungen werden also in bekannter Weise an die Erscheinung des Potentialabfalls in einer Leitung angeknüpft. Der Widerstand wird nun definirt als $\frac{l}{c\,q}$, und es wird nicht ein einziges einfaches Experiment angeführt, welches die Berechtigung der Bezeichnung „Widerstand" darthäte. Nur für den Einflufs des Querschnitts wird noch ein Versuch erwähnt — die Entladung einer Leydener Batterie durch Baumwollfäden! Warum wird denn nicht ein galvanischer Versuch angestellt? Warum kann man aus einem 550 Seiten starken Buche über moderne Elektrizitätslehre nicht ersehen, ob ein Eisendraht dieselbe Stromstärke zu Stande kommen läfst, wie ein Kupferdraht? Tabellen, z. B. eine solche über spezifische Widerstände, enthält das Buch nicht. Soll das Werk für denjenigen empfehlenswerth sein, welcher nur theoretische Kenntnisse gewinnen will, so könnten eine Menge von Nebensachen fehlen, z. B. könnten Dinge, wie die Bereitung der Bogenlichtkohlen mit Hülfe von Syrup etc., unerwähnt geblieben sein. Andererseits pflegt ein Leser dieser Kategorie, also etwa ein Studirender der Physik, auf Litteraturnachweise, welche ebenfalls völlig fehlen, Werth zu legen. Auch die Elektrotechniker dürften sich mit dem Buche nicht so befreunden, wie der Verfasser annimmt.

Der Hauptvorzug des Werkes besteht, wie gesagt, darin, dafs der Verfasser das gesamte einschlägige Material, auch die neuesten Forschungsergebnisse thunlichst in Betracht zieht. Sp.

Digitized by Google

G. Pizzighelli. Die Anwendungen der Photographie. Dargestellt für Amateure und Touristen. Halle a. S. 1892. X, 496 S. Mit 284 Abbildungen. Preis 8 M.

Das vorliegende Buch ist der dritte (letzte) Band des „Handbuches der Photographie für Amateure und Touristen"; es bildet jedoch ein in sich abgeschlossenes Ganze und ist Amateuren, welche genauere Kenntnifs der in den beiden andern Bänden behandelten photographischen Apparate und Prozesse meist erst in zweiter Linie interessirt, zunächst zum Ankaufe zu empfehlen. Bei aufmerksamerer Durchsicht des Buches wird man überrascht sein über die Fülle des Stoffes, über die zahlreichen kleinen, aber wichtigen praktischen Winke und über die sorgfältigen Litteraturnachweise. — Die etwas bunte Anordnung des Stoffes ist mit Hilfe eines genauen Inhaltsverzeichnisses und Sachregisters ziemlich leicht zu übersehen. Nach einleitenden Bemerkungen über den allgemeinen Vorgang bei photographischen Aufnahmen wird in den ersten Kapiteln die Aufnahme von Landschaften und Architekturen behandelt. Dieser für den Amateur wichtigste Theil ist mit viel Geschick bearbeitet; bei einer kurzen und präzisen Darstellungsweise scheint doch nichts von Bedeutung zu fehlen; die auf S. 60 gegebenen Wetterregeln wären wohl besser fortgeblieben. Die folgenden Kapitel, die Aufnahme von Innenräumen, von Personen, von Kunstgegenständen, Gemälden u. dgl. behandelnd, sind ebenfalls sehr sorgfältig ausgeführt. Auch einige der dem Amateur ferner liegenden Gebiete: die Photogrammetrie, die aëronautische Photographie, die photographischen Aufnahmen auf Forschungsreisen, die gerichtliche Photographie und Chromophotographie sind recht gut bearbeitet. Weniger gelungen scheinen die Abschnitte: Anwendung der Photographie in der Naturbeschreibung, in der Physik und Meteorologie, die Mikrophotographie und die Astrophotographie. Es dürfte dies zum Theil daran liegen, dafs sich der Verfasser hier nach dem schon etwas veralteten Werke von Stein: „Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung" gerichtet hat und meist nur Beschreibungen einiger neuer Apparate hinzugefügt hat, ohne die bedeutsamen Resultate, welche gerade in diesen Gebieten neuerdings erzielt sind, genügend zu berücksichtigen. Der Fachmann wird hier viel vermissen; im Hinblick auf die im Titel enthaltene Bemerkung: „Dargestellt für Amateure und Touristen" wird man jedoch in diesem Punkte keine allzu strenge Kritik üben und darüber die sonstigen mannigfachen Vorzüge des Buches nicht vergessen dürfen. Schon allein im Interesse einer vielseitigeren Ausübung der Photographie seitens der Amateure ist dem Werke eine weite Verbreitung zu wünschen.

Sg.

Verlag von Hermann Pastel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde

Das Meer, seine Erforschung und deren Ergebnisse.

Von Admiralitätsrath **Rottok** in Berlin.

Es ist naturgemäfs, dafs das Meer mit seinen wechselvollen grofsartigen Erscheinungen, seiner elementaren Gewalt, seiner nie ruhenden zerstörenden oder wieder aufbauenden Thätigkeit, seiner auf die Gestaltung der Küsten und des Lebens ihrer Bewohner tief eingreifenden Wirkung, seinem reichen Thier- und Pflanzenleben schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich ziehen, dieselben zu tiefem Nachdenken und ernstem Studium anregen mufste. Wenn trotzdem eine richtige und gründliche Kenntnifs der Meeresverhältnisse erst eine Errungenschaft der letzten Dezennien ist, so ist der Grund in der Schwierigkeit der Forschungen und dem Mangel an dem dazu nöthigen technischen Material und den erforderlichen Instrumenten zu suchen.

Die Erklärungen und Vorstellungen des Alterthums waren das Produkt rein geistiger Spekulation; sie konnten sich nicht auf thatsächlichen Beobachtungen aufbauen und mufsten demgemäfs nur angenähert die Wahrheit und oft das Unrichtige treffen. So war die Vorstellung von den Tiefen des Ozeans, welche nach Plutarch und Kleurodes den Erhebungen der Berge gleichkommend, zu 10 bis 15 Stadien angenommen wurden, eine ganz willkürliche Schätzung. Aristoteles beschäftigte sich bereits eingehend mit dem Problem der Meeresströmungen, ohne jedoch eine Erklärung für dieselben in der Strafse von Negroponte zu finden; für den Salzgehalt des Seewassers suchte er den Grund in einer eigenthümlichen Einwirkung der Sonne auf die aus dem Wasser aufsteigenden Dämpfe, welche in das Meer zurückfallend, demselben seinen salzigen und bitteren Geschmack verliehen. Es dauerte lange Zeit, ehe mehr Licht in die Tiefen des Meeres drang

Digitized by Google

und den über denselben liegenden geheimnifsvollen Schleier dem menschlichen Geiste enthüllte. Das Alterthum, ja fast das ganze Mittelalter brachten kaum nennbare Aufklärungen und Fortschritte. Erst mit dem Zeitalter der grofsen Erfindungen und Entdeckungen wandte sich der allgemeine menschliche Wissensdrang mit erhöhtem Interesse auch der Erforschung des Meeres zu, in der sich nunmehr entwickelnden Schifffahrt nicht nur eine unentbehrliche Stütze, sondern auch einen gewaltigen Hebel und Anstoss findend, da eben die Sicherheit der letzteren die Untersuchung der Meere dringend verlangte. Demgemäfs war das Augenmerk jener grofsen Entdeckungsreisen in erster Reihe auf die Ermittelung der Tiefen und der Strömungen gerichtet; aus jener Zeit stammen die ersten Angaben über auf See wirklich ausgeführte Messungen. Waren dieselben auch noch unvollkommen infolge der dazu verwendeten mangelhaften Geräthschaften, so gaben dieselben doch schon feste Grundlagen, auf welchen weitergebaut werden konnte. Eine einwandsfreie und systematische Erforschung der Ozeane konnte erst mit der Vervollkommnung der Technik ins Leben treten, als dieselbe mit Einführung des Dampfes nicht nur die Schifffahrt von Wind und Wetter unabhängig machte, sondern auch die für die ozeanischen Beobachtungen nothwendigen Instrumente liefern konnte. Auch hier übte wieder rückwirkend die Entwickelung der Schifffahrt mit ihren sich erweiternden Bedürfnissen einen nicht zurückzuweisenden Druck auf die Meeresforschung aus, und gleichzeitig mit der Schifffahrt die durch dieselbe erblühenden Handels- und Verkehrsverhältnisse der neueren Zeit, welchen das Bedürfnifs der unterseeischen Kabellegungen und der hierzu nothwendigen Kenntnifs der Meerestiefen, der Beschaffenheit des Meeresbodens und anderer Verhältnisse des Meeres entsprang. Ein besonderes Verdienst um die Entwickelung der Meereskunde hat sich der Direktor des Washingtoner National-Observatoriums, M. F. Maury, erworben, der die gesammten Forschungen in einheitliche systematische Bahnen lenkte. Auf Grund des von ihm gesammelten Beobachtungsmaterials amerikanischer Seefahrer entwarf er zuerst Karten und Schemata, welche den Schiffen mitgegeben und auf ihren Reisen durch Eintragung neuer Beobachtungen vervollständigt wurden. Auf seine Veranlassung trat im Jahre 1853 eine Konferenz der seefahrenden Nationen in Brüssel zusammen, durch welche ein einheitliches Beobachtungssystem zur Einführung gelangte. Es folgte nun eine ganze Reihe von grösseren oder kleineren Expeditionen, die entweder von den Regierungen der verschiedenen

Digitized by Google

Staaten ausgerüstet, oder durch Privatleute ins Leben gerufen, die wissenschaftliche Erforschung der Meere sich als Hauptaufgabe, oder neben geographischen Forschungen und anderen Zwecken als Nebenaufgabe stellten. In letzterer Beziehung spielen namentlich die zahlreichen Polarfahrten eine hervorragende Rolle, die nicht nur auf geographischem, sondern auch auf hydrographischem und ozeanographischem Gebiete Vorzügliches leisteten. Weiter unterstützt und angespornt wurden diese Bestrebungen durch die Interessen der Fischerei, für welche die biologischen Untersuchungen der Meere, sowohl an den Küsten der Festländer und Inseln als auch im offenen Ozean, von besonderer Wichtigkeit sein mufsten.

Epochemachend für die Meereskunde waren die drei grossen, von Deutschland, England und Amerika in den siebziger Jahren entsandten wissenschaftlichen Expeditionen der Korvetten Gazelle, Challenger und Tuscarora. Die Gazelle durchkreuzte 1874—1876 unter Kommando des Kapitän zur See Freiherrn von Schleinitz den Atlantischen Ozean auf der Route Madeira, Kap Verdesche Inseln, Ascension, Kongo, Kapstadt, brachte von dort die deutsche Kommission zur Beobachtung des Venusdurchganges nach den Kerguelen-Inseln, nahm an diesen Beobachtungen theil, gleichzeitig Kreuzfahrten im Südindischen Ozean bis zur amerikanischen Küste unternehmend, ging mit der Kommission zurück nach Mauritius, wandte sich von hier quer über den Indischen Ozean nach der Westküste von Australien, weiter nach Neu-Guinea und dem jetzigen Bismarck-Archipel, wo sehr interessante und wichtige Forschungen angestellt wurden; dann, die Salomon-Inseln, Neu-Seeland, die Fidji-, Tonga-, Samoa-Inseln berührend, über den Stillen Ozean, durch die Magellan-Strafse in den Atlantischen Ozean zurück, in demselben die auf der Ausreise gemachten Beobachtungen vervollständigend. Die Challenger stand während ihrer langen Reise vom Ende 1872 bis Anfang 1876 unter Kapitän Nares und später unter Kapitän Thomson; sie nahm eine ähnliche Route wie die Gazelle, ging jedoch von den Kerguelen resp. dem südlichen Indischen Ozean über Australien und den ostindischen Archipel nach der chinesischen Küste und Japan, und führte über Honolulu, Valparaiso und die Magellanstrasse die Rückreise aus. Die amerikanische Korvette Tuscarora machte 1873—74 unter Commander Belknap eine längere, erfolgreiche Expedition im Stillen Ozean, von San Francisco ausgehend über Honolulu nördlich bis zu den Kurilen und Aleuten, und wieder zurück nach

Digitized by Google

San Francisco. In den folgenden Jahren führte dasselbe Schiff kleinere Ergänzungsfahrten in demselben Meere aus.

Aufser den im Interesse der Geographie und der Schifffahrt gemachten Aufnahmen und Vermessungen von Küsten und Inseln war es die Aufgabe dieser Expeditionen, die Verhältnisse des Meeres in physikalischer, chemischer und biologischer Beziehung zu erforschen, und erstreckten sich demnach die Untersuchungen auf die Bestimmung der Wassertiefen, der Beschaffenheit und Formation des Meeresbodens, des spezifischen Gewichts, des Salzgehaltes, der chemischen Zusammensetzung, der Temperatur, Farbe und Durchsichtigkeit des Wassers, der horizontalen und vertikalen Wasserbewegung, des Thier- und Pflanzenlebens der Ozeane. Nachstehend wollen wir versuchen, von den Forschungen und den Resultaten der Expeditionen, d. h. von den Verhältnissen der Meere, wie sie durch die bisherigen Untersuchungen sich haben feststellen lassen, eine kurze Darstellung zu geben.

Obgleich die Ermittelung der Wassertiefe zu den ältesten und einfachsten ozeanographischen Beobachtungen zählt, sind die Messungen auf gröfseren Tiefen bis in die neue Zeit doch wenig zuverlässig gewesen; meist waren die zur Anwendung gebrachten Gewichte zu gering, um den Grund zu erreichen. Soweit bekannt, hat auf gröfseren Tiefen zuerst John Rofs im Jahre 1818 mit seiner sechs Zentner schweren Tiefseezange bei 1970 m Tiefe Grund erhalten. Dagegen lotheten noch im Jahre 1852 Kapitän Denham auf dem Herald und Lieutenant Parker auf der Fregatte Congrefs im Südatlantischen Ozean 14000 und 15000 m an Stellen, wo in Wirklichkeit die Tiefe nur ca. 5000 m betrug.

Die für den gewöhnlichen Schiffsgebrauch und auf flacherem Wasser verwendeten Lothe, welche aus einem Bleikörper bestehend, an einer mit Eintheilung versehenen Leine bis auf den Meeresgrund hinabgelassen wurden (vergl. H. u. E. III. Jahrg. S. 249), genügten bei grofsen Tiefen nicht mehr. Die grofsen Gewichte, deren Anwendung diese bedingten, machten aufser besonderen Apparaten zur Bedienung des Lothes, zum Fallenlassen und zum Einwinden, eine besondere Vorrichtung nothwendig, welche ein Loslösen des Lothgewichtes von der Leine, sobald dasselbe den Grund berührt hatte, gestattete, um Arbeit und Zeit beim Aufholen zu ersparen. Auch die Gewinnung von Grundproben auf dem bisher üblichen Wege durch Ausfüllung der Bodenhöhlung des Lothes mit Talg liefs sich nicht mehr aufrecht erhalten, da die am Talg haftenden Bodenbestandtheile auf dem langen Wege vom Grunde bis zur Oberfläche wieder abge-

Digitized by Google

waschen wurden. Späterhin erhielt das Loth eine aus einem Hohlcylinder bestehende, unten durch ein Schmetterlingsventil geschlossene Kammer; beim Eindringen in den Meeresboden öffnet sich das erstere und die Kammer füllt sich mit Bodenbestandtheilen; beim Aufholen des Lothes wird das Ventil durch den Wasserdruck von oben geschlossen gehalten. Die geforderte Detachirung der Lothgewichte am Grunde veranlafste eine ganze Anzahl verschiedener Konstruktionen. Von diesen verdient das älteste Loth dieser Art, das Brooksche Tiefloth, als Vorbild der späteren, diesen Zweck verfolgenden Konstruktionen, hervorgehoben zu werden. Dasselbe besteht (Fig. 1) aus einer massiven Eisenstange, an welche sich unten eine Kammer zur Aufnahme von Grundproben schliefst, und einer durchlochten eisernen Kugel, welche über die Stange gestreift wird. Die Kugel wird mittelst einer Drahtschlinge festgehalten, welche letztere mit ihren beiden Enden über zwei, am oberen Ende der Eisenstange bewegliche Arme gelegt wird; an diesen Armen ist die Lothleine befestigt und hält dieselben, wenn beim Fallenlassen das Loth an der Leine hängt, nach oben; berührt jedoch das Loth den Grund, so klappen mit dem Schlaffwerden der Leine die Arme nach unten, die Drahtschlinge gleitet ab und lässt die Kugel frei.

Fig. 1.

Fig. 2.

Das Tiefloth von Baillie, welches auf den grofsen Forschungsreisen hauptsächlich in Gebrauch war, ist in Fig. 2 dargestellt: es hat an Stelle der Kugel des Brookschen Lothes mehrere cylinder- oder kalottenförmige Eisenkörper e, deren Anzahl je nach der Tiefe, auf welcher gelothet werden soll, wechselt. Der Eisencylinder a, über welchen dieselben gestreift werden, trägt oben einen Hohlkegel b, in welchem sich eine Eisenstange auf und ab bewegen kann; über zwei Nasen d der letzteren wird die Drahtschlinge zum Festhalten der Gewichte gelegt und am oberen Ende derselben die Lothleine befestigt. Beim Aufstossen auf den Grund wird die Leine lose, die Eisenstange gleitet in den Hohlkegel, die Oesen der Drahtschlinge streifen sich von den Nasen, und die Gewichte von dem Eisencylinder ab.

Ganz ähnlich wie das Baillie-Loth ist das Hydra-Loth (so genannt nach dem britischen Kriegsschiff Hydra) eingerichtet; bei

Digitized by Google

demselben werden die Oesen der die Lothgewichte haltenden Drahtschlinge durch eine Feder von ihrem Befestigungszapfen gestreift, sobald die Gewichte auf dem Meeresboden aufliegen.

Zum Hinablassen des Lothes auf den Meeresgrund dienen Hanfleinen, die auf grofse Trommeln aufgerollt, sich beim Lothen bequem und ohne grofse Reibung abwickeln. In neuerer Zeit sind die Hanfleinen häufig durch Klaviersaitendrähte ersetzt worden, die einerseits billiger als die ersteren, andererseits bedeutend dünner sind, dem Wasser geringere Reibung bieten und die Anwendung kleinerer Lothgewichte gestatten.

Fig. 3.

Zur Ausführung von Lothungen wird das Schiff möglichst ruhig auf einer Stelle gehalten; um Stösse und Spannungen, welche durch die unvermeidlichen Bewegungen des Schiffes auf die Lothleine ausgeübt werden, möglichst abzuschwächen, wird zwischen der letzteren und dem Schiff ein sogenannter Akkumulator, bestehend aus starken, zwischen zwei Holzscheiben befestigten Kautschukbändern (Fig. 3), eingeschaltet.

Fig. 3 zeigt ein zum Gebrauch an Bord fertiges Loth. Beim Fallenlassen des Loths rollt sich die Leine von der Trommel ab; die Auslaufsgeschwindigkeit verlangsamt sich mit zunehmender Tiefe — bei 3000 m Tiefe gebraucht das Loth etwa 50 Minuten, um den Grund zu erreichen —, bis ein plötzlicher Sprung die Grundberührung des Lothes andeutet. In diesem Moment wird an der nach Meter oder Faden getheilten Leine festgestellt, wie viel von derselben ausgelaufen ist, und damit die Tiefe konstatirt. Das Wiederaufwinden der Leine geschieht mit Hülfe einer kleinen Dampfwinde.

Aufser durch direkte Abstandsmessungen mittelst Leine und Loth, wie oben beschrieben, hat man versucht, durch andere indirekte Methoden die Tiefe des Meeres zu ermitteln, und wenn dieselben sich auch meist in grofsen Tiefen als wenig verläfslich zeigten, und man sich immer wieder den ersten direkten Messungen zuwandte, so dürfen doch einige dieser genialen Erfindungen nicht unerwähnt bleiben. Bezüglich der Lothapparate von Thomson und Bamberg, welche auf dem mit der Tiefe zunehmenden Wasserdruck basiren, kann auf einen früheren, bereits oben angedeuteten Artikel dieser Zeitschrift „die Orts-

Digitized by Google

bestimmungen und Hülfsmittel zur Führung eines Schiffes auf See“ (III. Jahrg. 1891, S. 245 u. f.) verwiesen werden.

Hopfgartners Loth benutzt ebenfalls den hydrostatischen Druck des Wassers zum Messen der Tiefe, unterscheidet sich in seiner Konstruktion aber wesentlich von den beiden vorherigen. Bei demselben wird der Wasserdruck auf eine Anzahl über einander gelagerter Metalldosen übertragen, die, je gröfser der Druck ist, desto mehr zusammengepresst werden, was durch einen Zeiger registrirt wird.

Eine andere Klasse von Instrumenten, wie z. B. der Tiefenindikator von Massey, mifst die Tiefe nach der Umdrehungsanzahl einer auf den Grund gelassenen Schraube; dieselbe wird bei der Bewegung in die Tiefe durch den Druck des Wassers in Rotation versetzt, und die Umdrehungen werden auf ein Zählwerk übertragen.

Der Tiefenmesser von Rousset beruht auf demselben Prinzip, wird jedoch ohne Leine, mit einem Ballastgewicht beschwert, in die Tiefe versenkt; beim Aufstofsen auf den Grund fällt das Gewicht ab, die bisher arretirte Schraube wird ausgelöst und dreht sich vermöge eines an den Apparat angebrachten Schwimmers bei der nunmehr erfolgenden Aufwärtsbewegung desselben.

Ein sehr genialer Apparat zum Messen der Wassertiefen ohne Loth und Leine, allein unter Benutzung der Schwerkraft der Erde, ist von Siemens und Halske konstruirt. Da mit der Tiefe die Entfernung des Schiffes von der festen Erdmasse wechselt, so mufs sich auch mit derselben die Anziehungskraft der Erde auf das Schiff resp. auf einen Körper im Schiff, d. h. das Gewicht des letzteren ändern. Diese Gewichtsänderung einer Quecksilbersäule wird durch den Siemensschen Apparat zum Ausdruck gebracht, und dadurch die Tiefe bestimmt.

Die bisher ausgeführten Tieflothungen scheinen die Annahme der Alten, dafs die gröfsten Tiefen der Ozeane den höchsten Erhebungen des Landes gleichkommen, zu bestätigen, indem die gröfste, bis jetzt von der Tuscarora im nordwestlichen Theil des Stillen Ozeans gelothete Depression 8513 m beträgt, während die höchste Kuppe des Himalaya-Gebirges sich bis 8840 m erhebt. Betrachten wir demgegenüber jedoch die mittlere Tiefe und die ganze Gestaltung des Meeresbodens, so finden wir sehr grofse Verschiedenheiten zwischen Ozean und Festland. Nach den Berechnungen von Krümmel beträgt die mittlere Tiefe des ganzen Weltmeeres 3320 m (die verhältnifsmäfsig flachen Mittelmeere miteingerechnet; ohne dieselben würde ich seine mittlere Tiefe von 3700 m ergeben), die mittlere Höhe der

Digitized by Google

gesamten, nicht vom Wasser bedeckten Landmassen dagegen nur 665 m. Noch auffallender tritt die gewaltige Ausdehnung der Wassermasse gegenüber dem Festlande hervor, wenn man die Flächenräume und Volumina beider mit einander vergleicht. Bei einer Ausdehnung des Landes von 142 Millionen Quadratkilometer und einem Volumen von 95 Millionen Kubikkilometer, bedeckt das Meer eine Fläche von 368 Millionen Quadratkilometer und nimmt einen Raum von 1220 Millionen Kubikkilometer ein. Dabei ist das Bodenrelief des Meeres bedeutend gleichmäfsiger und einförmiger als das des Landes; Flächen von ausserordentlicher Ausdehnung erscheinen als vollkommene Ebene, nur selten von kaum merklichen Erhebungen unterbrochen. Diese eintönige, flache Form des Bodens findet sich hauptsächlich da, wo der Grund aus weichen Sedimentär-Massen besteht, während ein harter Fels- oder vulkanischer Boden ein etwas abwechselungsvolleres Bild mit Höhenzügen und Hügeln von mehr oder weniger steilem Profil gewährt. So erhebt sich z. B. im Nordatlantischen Ozean auf solchem Boden der Faraday-Hügel, dessen Profil näher untersucht ist und Böschungswinkel bis zu 35° zeigt, ein allerdings ausnahmsweise schroffer Abfall, der auf eine unterseeische vulkanische Eruption deutet. Im allgemeinen fällt vom Festlandsrande an der Meeresboden terrassenförmig in die Tiefe ab; nur vereinzelt, namentlich an der Westküste Amerikas geschieht dies in ununterbrochener, gleichmäfsig geneigter Ebene. — Auffallend ist es, dafs gerade die gröfsten Tiefen vielfach in der Nähe des Festlandes gefunden worden sind. So fällt die oben angeführte Tiefe von 8513 m in die Nachbarschaft des asiatischen Kontinents, die gröfsten Depressionen des Atlantischen Ozeans sind unweit der Antillen gefunden — die gröfste gelothete Tiefe von 8341 m fällt in 19° 39′ N. Br. und 66° 26′ W. Lg. —, hier die sogen. Virginische Tiefe bildend. In den meisten derartigen Fällen scheint es sich um vulkanische Einsturzbecken zu handeln.

Wie die Gestaltung, so ist auch die Beschaffenheit des Meeresbodens gegenüber derjenigen des Festlandes von grofser Gleichmäfsigkeit. Mit Ausnahme von verhältnifsmäfsig sehr kleinen Strecken harten und felsigen Grundes ist der ganze Boden von weichen, schlammigen und sandigen Ablagerungs-Massen bedeckt, die sich nach ihrer Zusammensetzung in verschiedene Gruppen klassifiziren lassen.

Nach dem Vorgang des Geologen der Challenger-Expedition, John Murray, lassen sich zwei Hauptgruppen von Bodensedimenten unterscheiden, die Küsten- und die Tiefsee-Sedimente. Während die

Digitized by Google

ersteren aus dem durch die Flüsse dem Meere zugeführten Material und aus den durch die See losgelösten und zerkleinerten Bestandtheilen der Festlandsküste sich zusammensetzen, bestehen die Tiefseeablagerungen zum gröfsten Theil aus den Resten der im Meere lebenden kleinen Organismen. Je nach dem Material, aus welchem sie bestehen, sind die Küstenablagerungen verschieden gefärbt; in den Küstenregionen der meisten Kontinente und gröfseren Inseln sind, oft bis zu 150 Seemeilen von denselben entfernt, grüne und blaue Schlickmassen vorherrschend, in welchen nicht selten Stücke von Holz, Theile von Blättern, Bäumen und Früchten eingebettet liegen. In der Umgebung vulkanischer Inseln finden sich graue bis dunkelschieferfarbige Sand- und Schlammmassen, gemischt mit vulkanischen Gesteinen, Bimsstein und Lavastücken, vor, während in der Nähe von Korallenriffen der Boden mit feinerem oder gröberem Korallen-Sand und Schlamm bedeckt ist. — Die Tiefseeablagerungen zerfallen in Globigerinen-, Radiolarien-, Diatomeen-Schlamm und die Tiefseethone. Der Globigerinen-Schlamm besteht aus den kalkigen Resten der Globigerinen, einer kalkschaligen Wurzelfüfslerart, die, an der Oberfläche der Ozeane in grofsen Mengen lebend, nach ihrem Absterben langsam zu Boden sinken. Diese Schlammart ist in allen Ozeanen weit verbreitet, kommt jedoch selten in Tiefen über 5000 m vor; bei gröfseren Tiefen löst sich der kohlensaure Kalk ihrer Schalen infolge des langsamen Hinabsinkens wahrscheinlich vollständig auf, so dafs nichts mehr zum Niederschlag gelangt. Weniger leicht im Wasser löslich und daher bis in die gröfsten Tiefen, jedoch in beschränkterer Ausdehnung (hauptsächlich im westlichen und mittleren Theile des Stillen Ozeans) vorkommend, sind die Kieselpanzer der Radiolarien, einer ebenfalls zu den Wurzelfüfslern gehörigen Thierart, welche das Hauptmaterial zu der zweiten, nach ihr benannten Schlammart liefert.

Der Diatomeenschlamm setzt sich aus den Kieselpanzern einer Algenart, der Diatomeen, zusammen und bildet ein spezifisches Merkmal des südlichen Indischen Ozeans zwischen 53° und 63° südl. Br.

Die Tiefseethone endlich sind die in Tiefen über 3500 m am weitesten verbreiteten Ablagerungen; sie sind grau oder roth bis dunkelbraun gefärbt und enthalten alle aufser untergeordneten organischen Beimengungen feine Mineraltheilchen, namentlich Quarz, Glimmer, Bimsstein, Lava und Braunstein.

Temperaturmessungen des Wassers konnten naturgemäfs erst spät, nach Erfindung des Thermometers beginnen und mufsten sich wegen der Unvollkommenheit der Instrumente lange Zeit auf die

Digitized by Google

Oberfläche des Wassers beschränken. Die Bestimmung der Oberflächentemperatur ist einfach, indem man entweder ein Thermometer in das Wasser selbst hinabläfst und die Skala nach dem Aufholen abliest, oder die Temperatur in zu diesem Zwecke geschöpftem Wasser mifst. Die zu Messungen in gröfseren Tiefen bestimmten Thermometer müssen einestheils die Temperatur der betreffenden Tiefe fixiren, ferner durch die davon abweichenden Temperaturen der Wasserschichten, welche sie beim Aufholen passiren, unbeeinflufst bleiben und andererseits gegen den in der Tiefe herrschenden hohen Wasserdruck geschützt sein, nicht nur, um nicht durch denselben zu zerbrechen, sondern auch, um eine Kompression der Instrumente und damit zusammenhängende falsche Temperaturangaben zu vermeiden. Bei den ältesten Versuchen, Tiefentemperaturen zu bestimmen, schöpfte man entweder Wasser aus der Tiefe, oder man versenkte die Thermometer einfach in die Tiefe; beides gab natürlich sehr unzuverlässige und unrichtige Resultate. Dann fing man an, die Instrumente mit schlechten Wärmeleitern zu umgeben, und schliefslich versuchte man, die Temperatur zu fixiren. Das erste derartige Maximum- und Minimumthermometer wurde im Jahre 1778 von Six konstruirt und von Krusenstern (1803) und Sir John Rofs (1817) auf ihren Weltumsegelungen benutzt. Aber erst 1838 wurde von Du Petit Thouars ein gegen Druck geschütztes Tiefseethermometer gebraucht. Wesentlich vervollkommnet und verbessert sind die auf den Expeditionen der Gazelle und Challenger und gegenwärtig noch fast ausschliefslich bei allen Tiefseeforschungen angewendeten Tiefseethermometer von Miller-Casella und von Negretti-Zambra.

Das erstere (Fig. 4) ist ein Maximum- und Minimumthermometer, dessen heberförmig gebogene Röhre in der Mitte einen Quecksilberfaden aufnimmt, und über demselben in beiden Schenkeln je ein Indexstäbchen. Beide Schenkel laufen an ihren Enden in Erweiterungen aus; die linke enthält eine Alkoholflüssigkeit, die rechte zum Theil dieselbe Flüssigkeit, zum Theil Dämpfe derselben. Bei zunehmender Temperatur dehnt sich der Alkohol im linken Schenkel aus, tritt bei dem Indexstäbchen vorbei und schiebt den Quecksilberfaden vor sich her; dieser nimmt den Index im rechten Schenkel mit, welcher so das Maximum der Temperatur anzeigt. Nimmt die Temperatur ab, so tritt die Flüssigkeit links zurück, die elastischen Dämpfe rechts drücken, ohne den Index zu verrücken, den Quecksilberfaden nach links, dieser verschiebt das linke Indexstäbchen, und letzteres giebt somit die

Digitized by Google

niedrigste Temperatur an. Eine starke Glashülle und ein Rahmen von Hartgummi schützen das Instrument vor Druck.

Das Thermometer von Negretti und Zambra (Fig. 5) ist ein Quecksilberthermometer, dessen Röhre über dem cylindrischen Gefäfs (bei A) verengt, S-förmig gebogen und in der Biegung wieder erweitert ist. Wird das Instrument plötzlich umgedreht, so dafs das Gefäfs nach oben kommt, so reifst der Quecksilberfaden in der Biegung ab, fällt hinab und füllt das am oberen Ende befindliche kleine Reservoir (E) sowie die Röhre selbst zum Theil aus. Je höher die

Fig. 4.

Fig. 5.

Temperatur, desto länger ist der abgerissene Faden, und eine hiernach graduirte Theilung läfst die im Moment des Umdrehens herrschende Temperatur ablesen. Bei den Tiefseetemperaturmessungen läfst man demgemäfs das Instrument in die zu beobachtende Tiefe hinab und kippt hier dasselbe um. Die Umkehrvorrichtung besteht aus einem hölzernen Kasten (Fig. 6 u. 7), in welchem das Thermometer befestigt ist, mit einer ringsum laufenden Rinne, in der sich Schrotkörner von einem Ende zum andern frei bewegen können. Der Kasten wird mittelst eines an einem Ende desselben angebrachten Taues an der Lothleine befestigt; beim Hinablassen in die Tiefe wird das freie Ende des Kastens durch den Wasserdruck nach oben gehalten (Fig. 6), beim Aufheben nimmt er die entgegengesetzte Lage an (Fig. 7). Bei grofsen

Digitized by Google

Tiefen tritt an Stelle des Holzkastens ein dem Wasserdruck besser gewachsener Metallrahmen (Fig. 8), in welchem das Thermometer, um eine Axe (H) drehbar, im labilen Gleichgewicht hängt, aber durch einen in seine Metallhülse eingreifenden, an einem Schraubenflügel (C) befestigten Stift (P) in dieser Lage festgehalten wird (Fig. 8). Fängt man an, das Thermometer aus der Tiefe wieder in die Höhe zu holen, so dreht sich der Schraubenflügel mit dem Stifte aus dem Thermometer heraus, und das letztere kippt um (Fig. 9).

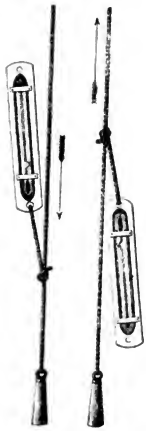


Fig. 6. Fig. 7.

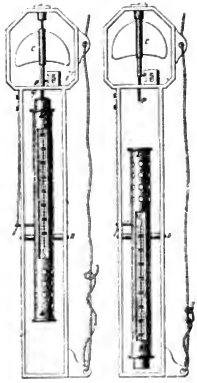


Fig. 8. Fig. 9.

Aufser auf dem Grunde und an der Oberfläche des Meeres werden die Temperaturen in der Regel bis zu einer Tiefe von etwa 3000 m (bis 1000 m Tiefe etwa alle 100—200 m, dann alle 300—600 m) gemessen; in gröfseren Tiefen bis zum Grunde ändert sich die Temperatur so wenig, dafs ein Messen nicht mehr nöthig ist. Die Thermometer werden in den betreffenden Abständen an einer Leine befestigt und mit dem Loth gleichzeitig versenkt.

Aus den bisherigen Messungen hat sich ergeben, dafs die Temperatur des Meerwassers im allgemeinen von der Oberfläche bis zum Boden abnimmt, zunächst schnell, dann langsam und bis zum Grunde immer langsamer. Je gröfser die Oberflächentemperatur, desto schneller

Digitized by Google

pflegt die Temperaturabnahme in den oberen Schichten zu sein, so dafs von 1000 m an abwärts überall nahezu dieselbe Temperatur herrscht. Während die Oberflächentemperaturen zwischen + 32° in den Tropen und — 3° in den Polargegenden schwanken, liegen die Grenzen der Bodentemperaturen zwischen + 2° und — 2°. Eine direkte Einwirkung der Sonnenwärme findet kaum tiefer als 150 m statt; eine weitere Fortpflanzung der Wärme in die Tiefe erfolgt durch eine vertikale Wasserzirkulation; durch die an der Oberfläche stattfindende Verdunstung werden die Wassertheilchen hier salzreicher, sinken in die Tiefe und werden durch kältere, von unten aufsteigende, ersetzt. Die konstante, überall gleiche Temperatur des Bodens in den gröfseren Tiefen hat ihren Grund in einer ganz langsamen Bewegung der unteren Wasserschichten von den Polen nach dem Aequator zu. Hieraus erklärt sich auch, dafs überall dort die kälteste Bodentemperatur angetroffen wird, wo die freieste Kommunikation mit den Polarmeeren stattfindet. Aus diesem Grunde sind die südlichsten Theile der grofsen Ozeane kälter als die nördlichen, die Tiefentemperaturen im Stillen und Indischen Ozean niedriger als im Atlantischen. Hierdurch erklärt sich weiter das eigenthümliche Verhalten der Binnenmeere und derjenigen Meerestheile, welche durch Bodenerhebungen von dem umgebenden freien Ozean abgeschlossen sind. In demselben nehmen die Temperaturen zwar auch von der Oberfläche nach unten zu ab, bleiben aber von der Tiefe ab, bis zu welcher sich die abtrennende Bodenschwelle vom Grunde erhebt, bis zum Grunde unverändert, und zwar ist diese Temperatur gleich der in derselben Tiefe herrschenden Temperatur des umgebenden Ozeans.

Die Oberflächentemperaturen sind natürlich in erster Linie von der Temperatur der Luft abhängig und folgen den Schwankungen derselben; sie nehmen demgemäfs im allgemeinen vom Aequator nach den Polen hin ab und wechseln mit den Tages- und Jahreszeiten.

Im tiefen Wasser mitten im Ozean sind die Tages-Schwankungen gering, der Unterschied zwischen der Tages- und Nachttemperatur überschreitet selten 1°; auf flachem Wasser und in der Nähe des Landes, wo die Sonnenstrahlen einen gröfseren direkten Einflufs bis zum Grunde ausüben, ist der Wechsel erheblich gröfser.

Die jahreszeitlichen Variationen sind allerdings gröfser als die täglichen, jedoch immer noch viel geringer als diejenigen der Luft auf dem Lande.

Von weiterer Bedeutung für die Vertheilung der Oberflächentemperaturen sind besonders die herrschenden Winde und Strömungen,

Digitized by Google

wodurch eine oft beträchtliche horizontale Verschiebung der oberen Wasserschichten eintritt. Im Zusammenhange hiermit steht das häufige Vorkommen von kaltem Oberflächenwasser an den Festlandsküsten. Wo nämlich durch die ablandigen Winde und Strömungen ein Abdrängen des Wassers von der Küste stattfindet, entsteht ein Aufsteigen von kaltem Bodenwasser, um das verdrängte Wasser zu ersetzen. Solche vertikal aufsteigende Wasserzirkulation und dementsprechend kaltes Oberflächenwasser finden wir in den Passatzonen, wo der Wind beständig von Osten nach Westen das Wasser vor sich her treibt, an der Luvseite des Ozeans, also an den Westküsten der Kontinente, während in der Region der Westwinde das Umgekehrte stattfindet.

(Schluſs folgt.)

Digitized by Google

Land- und Seeklima.

Von Dr. Willi Ule in Halle a. S.

(Schlufs.)

In den bisherigen Betrachtungen haben wir die Luft als absolut ruhend angenommen. Ein solcher Gleichgewichtszustand ist aber in Wirklichkeit niemals vorhanden. Jeder örtliche Temperaturunterschied ruft nothwendig Störungen in der Atmosphäre hervor, und zwar veranlafst jede Temperaturerhöhung eine Auflockerung, jede Temperaturerniedrigung eine Verdichtung der Luft. Bei der aufserordentlich leichten Beweglichkeit der Lufttheilchen sind die Folgen dieser lokalen Aenderungen des atmosphärischen Zustandes Strömungen der Luftmassen, also Winde.

Es leuchtet uns ohne weiteres ein, dafs das verschiedene thermische Verhalten von Wasser und Land auch auf die Vertheilung des Luftdrucks, und damit auf die Richtung der atmosphärischen Strömungen, einen Einflufs ausüben mufs. Der unmittelbarste Beweis dafür sind die sogenannten Land- und Seewinde, die überall an den Küsten beobachtet werden können, in den Tropen sogar, wo alle meteorologischen Vorgänge gröfster Regelmäfsigkeit unterworfen sind, zu den alltäglichen Erscheinungen gehören. An diesen Küsten weht am Tage ein Wind von der See zum Lande — Seewind, in der Nacht vom Lande zur See — Landwind.

Die physikalische Begründung dieser eigenthümlichen Luftzirkulation ist wieder in dem verschiedenen Verhalten von Wasser und Land gegenüber der Wärmezustrahlung und -Ausstrahlung zu suchen. Was wir oben in Bezug auf die Ursachen der Vertheilung der Temperatur während der Jahreszeiten gesagt haben, das gilt in kleinerem Mafse auch für den Wechsel von Tag und Nacht. Am Tag erwärmt sich der feste Erdboden weit schneller und heftiger als das Wasser, in der Nacht dagegen kühlt sich umgekehrt auch wieder das Land in intensiverem Mafse ab. Auf die darüberlagernde Luft hat dies folgenden Einflufs: Am Morgen beginnt sich die Luft über

Digitized by Google

dem Lande verhältnifsmäfsig stark zu erhitzen, dieselbe dehnt sich infolgedessen nach oben hin aus. Dadurch wird in den höheren Luftschichten eine Verdichtung der Luft, mithin eine Vermehrung des Luftdruckes bewirkt. Das geschieht aber in einer Zeit, wo auf dem Meere die Luft noch in voller Ruhe sich befindet. Es entsteht somit in der Höhe ein Gefälle nach der See, welches dort einen Abflufs der Luft vom Lande zur See veranlafst. Die Folge davon ist wieder, dafs allmählich mit der Anhäufung der Luft über dem Wasser der Luftdruck daselbst in den unteren Schichten steigt, während derselbe auf dem Lande noch immer bei der zunehmenden Erhitzung des Bodens vermindert wird. Es bildet sich somit hier ein Gefälle nach der Küste, das nun in dem Seewind zum Ausdruck kommt. Die Richtigkeit dieser Erklärung wird trefflich durch die Beobachtung bestätigt, dafs man in der That die Seebrise zuerst draufsen auf dem Wasser verspürt.

Bis gegen Nachmittag nimmt der Seewind an Stärke zu, dann vermindert er sich allmählich und flaut um Sonnenuntergang gänzlich ab. An seine Stelle tritt nun der Landwind. Die Ursache der Luftbewegung ist dann die umgekehrte. Während der Nacht kühlt sich der Erdboden schnell ab. An dieser Abkühlung nehmen die untersten Luftschichten theil, die sich dabei verdichten und niedersenken. In den oberen Luftschichten über dem Lande hat das eine Verminderung des Luftdruckes zur Folge, wodurch ein Gefälle von der See zum Lande entsteht. Das dadurch bewirkte Zuströmen von Luft in der Höhe vermehrt naturgemäfs auf dem Lande den Luftdruck in den unteren Schichten, so dafs hier bald ein dem zur See gerichteten Gefälle entsprechender Luftstrom, ein Landwind sich einstellen mufs.

Die Land- und Seewinde üben auf das Klima der Küsten einen nicht unbedeutenden Einflufs aus. Während des Tages führen sie feuchtwarme Luft dem Lande zu, reihen also gewissermafsen das Küstengebiet in das Seeklima ein. Freilich strömen während der Nacht diese Luftmassen wieder zur See zurück; allein einmal weht der Landwind weit schwächer als der Seewind, so dafs wenigstens in den unteren Schichten die Seeluft zum Theil über dem Lande zurückbleibt; sodann aber lehrt die Beobachtung, dafs diese Luftzirkulation doch vollkommen ausreicht, um die Erwärmung der Luft am Tage und die Abkühlung in der Nacht an den Küsten erheblich zu mildern. Wo Land- und Seewind alltäglich zur Ausbildung kommen, trägt daher das Klima des Küstengebietes durchaus ozeanischen Charakter.

Weit grofsartiger aber als jene tägliche Luftzirkulation an den

Digitized by Google

Gestaden des Meeres ist die Bewegung der Atmosphäre, welche durch das verschiedene thermische Verhalten der Kontinente und Ozeane im Laufe des Jahres hervorgerufen wird. An die Stelle des Tageswindes tritt hier ein Sommerwind, an die Stelle der nächtlichen eine winterliche Luftströmung. Diese mit den Jahreszeiten wechselnden Winde bezeichnet man als Monsune, d. i. eben Winde der Jahreszeiten.

In ausgeprägter Form gelangen diese Monsune nur an wenigen Küsten der Kontinente zur Entwicklung. Das grofsartigste Monsungebiet finden wir an der Süd- und Südostküste Asiens, wo die ganze Erscheinung auch zuerst erkannt wurde. Indefs auch Australien, sowie der afrikanische und amerikanische Kontinent weisen an vielen Stellen echte Monsune auf.

Die Ursache dieser grofsen jahreszeitlichen Luftströmungen ist im wesentlichen dieselbe wie die, welche Land- und Seewind an den Küsten hervorbringt. Die gröfsere Erwärmung über dem Lande während des Sommers bewirkt ein Zuströmen der Luft von dem Meere — Sommermonsun, die stärkere Abkühlung im Winter einen Abflufs zum Meere — Wintermonsun. Die Bewegung beginnt im Sommer ebenfalls damit, dafs zunächst die unteren Luftschichten von Tag zu Tag mehr erwärmt werden, sich infolgedessen langsam erheben und dadurch den Luftdruck in der Höhe vermehren. Dabei wird freilich die Erwärmung der Luft durch die nächtliche Ausstrahlung immer wieder unterbrochen; indefs die nächtliche Abkühlung betrifft nur die untersten Luftschichten, die höheren bleiben davon unberührt. Die stete Erwärmung der Luft über dem Lande bewirkt dann schliefslich in der Höhe ein Gefälle nach dem Meere, was ein Abfliefsen der Luft in dieser Richtung zur Folge hat. Es steigt nun der Luftdruck unmittelbar über dem Meere, während derselbe auf dem Lande immer noch im Sinken begriffen ist. Ein Gefälle vom Meere zum Lande ist damit in den unteren Luftschichten bedingt und es entsteht der Sommermonsun, welcher der täglichen Seebrise an den Küsten der Tropen entspricht.

Bei normalen Verhältnissen bildet sich hiernach im Sommerhalbjahr über dem Kontinent ein Luftdruckminimum aus, das rings von höherem Luftdruck umgeben ist. Die Bewegung der Luft mufs also innerhalb dieser Depression eine cyklonale sein, indem die vom Meere zum Innern des Kontinentes gerichteten Luftströmungen infolge der Erdrotation von dem geraden Wege abgelenkt werden. Freilich nur selten ist dieses cyklonale System der Winde über einem Lande während der sommerlichen Einsetzung desselben in normaler Form

Digitized by Google

entwickelt; immerhin fehlt es doch nicht an Ländern, welche in der allgemeinen Anordnung der Luftströmungen während des Sommers die Herrschaft einer Cyklone erkennen lassen (Fig. 5). Dieser niedere Luftdruck im Innern der Kontinente bedingt nun einen häufigen und ergiebigen Niederschlag, wodurch die oben erwähnte jahreszeitliche Vertheilung des Regens ihre Erklärung findet.

An die Stelle des sommerlichen Luftdruckminimums im Innern der Festländer tritt im Winter ein Maximum mit heiterem Himmel und geringem Niederschlag, hervorgebracht durch die starke Abkühlung der Luft in den unteren Schichten und das Zufliefsen

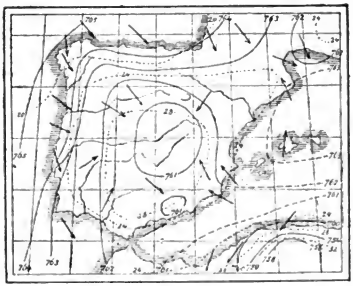


Fig. 5. - - - - **Isothermen,** —— **Isobaren und Winde auf der iberischen Halbinsel während des Juli.**

ozeanischer Luft in der Höhe. Von diesem Gebiete hohen Luftdrucks strömen die Winde nach allen Seiten hin ab, wobei sie ebenfalls infolge der Erdrotation in ihrer Richtung eine Ablenkung erfahren. Ein Beispiel derartiger anticyklonaler Luftbewegung im Winter bietet uns vor allem der ostasiatische Kontinent dar. Ueber den warmen Meeren ist in dieser Jahreszeit der Luftdruck gering, was häufigere Niederschläge verursacht, so dafs das Maximum der Regenhäufigkeit hier eben in den Winter fällt. Deutlich geht aus diesen Betrachtungen hervor, dafs der klimatische Gegensatz von Wasser und Land auch in der Luftdruckvertheilung wie in der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation zum Ausdruck kommt.

Die mit den Jahreszeiten wechselnde Luftbewegung über den Kontinenten übt naturgemäfs auch auf die allgemeinen klimatischen Zustände einen erheblichen Einflufs aus. Dieselbe bewirkt vor allem

Digitized by Google

den grofsen Unterschied des Klimas an den West- und Ostküsten der Festländer. Je nachdem nämlich ein Wind vom Meere oder vom Lande weht, ist er feucht oder trocken; je nachdem er aus südlichen oder nördlichen Regionen stammt, ist er warm oder kalt. Da nun im Winter die Ostküsten der Kontinente von den Winden aus dem kalten und trocknen Innern getroffen werden, so müssen sie in dieser Jahreszeit ganz die charakteristischen Merkmale des Kontinentalklimas aufweisen, in das sie eben durch die Bewegung der Luft hineingezogen werden. Die niederen Temperaturen im Osten Asiens und Nordamerikas während des Winters können uns als deutliche Beweise dafür dienen. Im Sommer ziehen dagegen über die Ostküsten warme und feuchte Winde, die ein trübes und nasses Klima hervorrufen, in welchem die sommerliche Temperatur eine ozeanisch niedrige bleibt. Das Endresultat beider Luftströmungen ist demnach eine geringe mittlere Jahrestemperatur, wie wir sie thatsächlich an den Ostküsten der nordhemisphärischen Kontinente finden.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse an den Westküsten. Diese stehen allerdings im Winter unter dem Einflufs kalter Südost- oder Ostwinde, welche im Sommer mit feuchten, jedoch nur wenig kalten West- und Nordwestwinden tauschen. Da aber die letzteren aus kälteren in wärmere Gebiete kommen, so vermögen sie nicht in so erheblichem Mafse den Himmel zu trüben, als es die sommerlichen Winde im Osten thun, welche aus warmen in kalte Regionen wehen. Daraus ergiebt sich der Schlufs, dafs die mittlere Jahrestemperatur an den Westküsten der Kontinente höher sein mufs, als jene an den Ostküsten.

Dieses theoretisch abgeleitete Verhältnifs der östlichen und westlichen Klimate findet sich nun keineswegs in so ausgesprochener Form auf der Erde wirklich vor. Immerhin vermögen die thatsächlichen klimatischen Zustände in Nordamerika und Europa-Asien die Richtigkeit der Theorie zu bestätigen, wie aus umstehenden Figuren (Fig. 6), welche die Häufigkeit der Winde und deren Einflufs auf die Temperatur an den West- und Ostküsten veranschaulichen sollen, wohl zu ersehen ist.

Allein gerade an den Ost- und Westküsten jener grofsen Festlandmassen treten noch weitere Faktoren in Kraft, welche den Einflufs der Jahreszeitenwinde wesentlich modifiziren. Es sind das die grofsen Strömungen des Wassers in den Meeren. Die klimatische Wirkung dieser ozeanischen Flüsse, die je nach ihrem Ursprung kaltes oder warmes Wasser führen, ist eine bedeutende. Auf die

Digitized by Google

einzelnen Strömungen der Erde selbst einzugehen, würde zu weit führen. Nur kurz möge hier der Einfluſs der warmen und kalten Strömungen auf die benachbarten Festländer gekennzeichnet werden.

Warme Meeresströmungen erhöhen die mittlere Jahrestemperatur und vermindern den Betrag der jährlichen Temperaturschwankung; sie erweitern also das ozeanische Klima. Kalte Strömungen heben dagegen den sonst wärmenden Einfluſs des Meeres wieder auf, er-

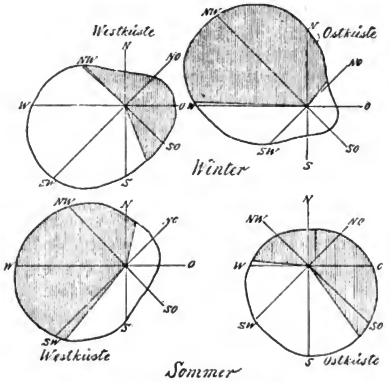


Fig. 6. **Häufigkeit der Winde und deren Einfluſs auf die Temperatur an den West- und Ostküsten** (nach Hann).
Die Länge der Radien entspricht der Häufigkeit der Winde; die schraffirte Fläche umfaſst die kalten Winde.

niedrigen also die mittlere Jahrestemperatur, ohne allerdings dem betreffenden Gebiete in klimatischer Hinsicht ein kontinentales Gepräge zu geben. Sie schaffen dort nur ein verhältnifsmäfsig kaltes Klima, wo die Nähe des Meeres ein ozeanisch mildes hätte erwarten lassen. Ein treffliches Beispiel für diese klimatischen Wirkungen der Meeresströmungen bildet die Westküste Europas und Nordafrikas. Jedermann weifs, dafs die milde Temperatur an den Nordwestküsten Europas allein dem warmen Golfstrom, der diese Küsten bespült, zu verdanken ist. Weniger bekannt dürfte freilich sein, dafs dieselbe Strömung in ihrer Umkehr zum Aequator den Westküsten Spaniens und Nordafrikas polare Kälte zuführt, so dafs wir hier ein kühles Klima finden.

Digitized by Google

Selbstverständlich wirken die Meeresströmungen auch auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Küstenländer ein. Warme Strömungen bringen den Küsten, die sie berühren, wasserdampfreiche Luft und darum reichlichen Niederschlag, kalte Strömungen dagegen zwar relativ feuchte Luft, die aber wegen der niedrigen Temperatur nur geringe absolute Wasserdampfmengen enthält und somit auch nicht zur Vermehrung des Niederschlages beitragen kann. Häufige Nebel kennzeichnen vielfach diese Gebiete der Erde, welche gleichwohl der Menge nach zu den regenarmsten Theilen der Erde gehören.

Da die Meeresströmungen in ihrer Richtung den vorherrschenden Winden folgen, so wird der klimatische Einflufs derselben auf die benachbarten Festländer mittelbar durch die Bewegung der Luft über den Ozeanen bestimmt. In den äquatorialen Gebieten wehen nun jahraus jahrein die Passatwinde, welche die grofsen von Ost nach West gerichteten Strömungen zu beiden Seiten des Gleichers hervorrufen. Unter dem 30. Breitengrade etwa treffen wir dann auf die Barometermaxima der Rofsbreiten. Um diese kreist eine Strömung von links nach rechts auf der nördlichen, von rechts nach links auf der südlichen, warmes Wasser daher an den Ostküsten der Kontinente polwärts, kaltes Wasser an den Westküsten äquatorwärts führend. Aufserhalb der Rofsbreiten finden wir auf der nördlichen Hemisphäre deutlich ausgeprägte Depressionen mit cyklonaler Luftbewegung, die, besonders im Winter, weit in die Kontinente hinübergreift. Das Centrum dieser Cyklone wird nun entsprechend den herrschenden Winden in der Richtung von rechts nach links vom Wasser umströmt. Dadurch erhalten die Westküsten der Festländer warmes Wasser vom Süden her, die Ostküsten dagegen kaltes aus polaren Regionen stammend. Auf der ganz ozeanischen Südhemisphäre fehlen diese Depressionscentra; hier herrscht in den höheren Breiten ein ewiger Westwind, der eine in gleicher Richtung strömende Trift hervorruft, welche ebenfalls den südlichen Kontinenten ozeanisches Klima bringt. Schematisch läfst sich unter Berücksichtigung der geringen südlichen Erstreckung der Kontinente der Verlauf der Meeresströmungen, sowie die dadurch bedingte Temperaturvertheilung an der Oberfläche der Oceane und deren thermische Rückwirkung auf das Klima der Küsten im umstehendem Diagramme (Fig. 7, nach Wild) zur Anschauung bringen.

Im Hinblick auf die Gesetzmäfsigkeit in der Bewegung des Wassers in den Meeren leuchtet ohne weiteres ein, wie erheblich der Gegensatz im Klima der Ost- und Westküsten auf der ganzen Erde

Digitized by Google

durch die Meeresströmungen verschärft werden mufs, und zwar nicht nur in den höheren Breiten, wo wir überall den Westküsten warmes, den Ostküsten kaltes Wasser zuströmen sehen, sondern vielmehr auch in den tropischen Regionen, in denen allerdings umgekehrt die Ostküsten von warmen, die Westküsten hingegen von kalten Strömungen bespült werden.

Durch die allgemeine Cirkulation der Luft über den Kontinenten und Meeren, sowie durch die grofsen Strömungen des Wassers in den Ozeanen wird somit das klare Bild von Land- und Seeklima mannigfach verändert und getrübt. Trotzdem tritt in der geographi-

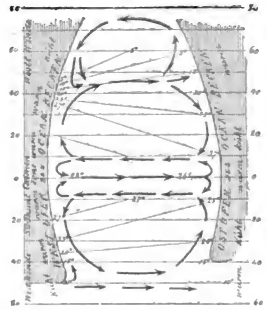


Fig. 7. **Schematische Darstellung der Meeresströmungen und der oceanischen Temperaturvertheilung.**

schen Vertheilung der klimatischen Konstanten auf der Erde der Gegensatz von Festland und Meer in unverkennbarer Klarheit hervor. Gründliche Kenntnifs der physikalischen Verursachung desselben, wie wir sie durch den vorstehenden Aufsatz zu schaffen uns bemüht haben, mufs aber überhaupt das Verständnifs für die klimatischen Erscheinungen erheblich erweitern. Denn es eröffnet dem geistigen Auge einen tiefen Einblick in den oft so geheimnifsvollen Mechanismus der atmosphärischen Vorgänge.

Land- und Seeklima bilden in der That einen der hervorstechenden Züge im Antlitz der Erde; aber nicht nur, weil die Vertheilung von Temperatur und Feuchtigkeit, von Druck und Bewegung der Luft durch sie bestimmt wird, sondern vielmehr, weil überhaupt zahlreiche geographische Erscheinungen allein in diesem klimatischen

Digitized by Google

Gegensatz ihre Erklärung finden. Denn das Klima beeinflufst in hohem Mafse das gesamte Landschaftsbild. Pflanzen und Thiere schmiegen sich in ihrer Verbreitung an die klimatischen Linien der Erde an, und auch der Mensch ist in seinem Thun und Treiben an diese gebunden. Ja selbst im Aufbau der Länder, in der orographischen Gestaltung des Bodens tritt die Wirkung solcher atmosphärischer Gesetzmäfsigkeit, wie sie Land- und Seeklima zeigen, deutlich hervor, da auch Erosion und Verwitterung in ihrem Betrage abhängig sind vom Klima.

Digitized by Google

Wie haben unsere Voreltern gerechnet?

Von F. K. Ginzel,

Astronom am Recheninstitut der Königl. Sternwarte zu Berlin.

Die Forderung, rechnen zu können, stellen wir in unseren civilisirten Ländern heutzutage mehr oder weniger an jeden Menschen; die Kenntnifs des Rechnens ist für uns, gleich der des Schreibens und Lesens, ein Grundelement zur Erwerbung von Bildung. Das Rechnen aus dem Leben des Einzelnen oder aus dem modernen Verkehr wegzudenken, scheint uns kaum möglich. Im civilisirten Staate rechnet ja so ziemlich jeder, sowohl der, welcher erwerben will, wie jener, der erworben hat, manche, die viel haben und solche, die nichts haben, und hie und da bemerken wir Querköpfe, die nie rechnen, so gut sie das in der Schule auch lernten. Wie streng verbunden mit dem menschlichen Denken und Handeln wir das Rechnen ansehen, geht daraus hervor, dafs wir das Rechnen auch mit Vorstellungen verbinden, in denen gar keine oder nur sehr entfernte Beziehungen von Zahlen zu einander vorkommen, und dafs bezügliche Worte in den Sprachgebrauch gelangt sind; wir rechnen „auf Jemand", auf seine Verläfslichkeit, Erkenntlichkeit, auf seinen Beistand, auf einen Zufall, ein Vorkommnifs, wir „berechnen" mancherlei Aussichten, Vortheile, wir wollen von einem Andern „Rechnung" fordern, oder ihm etwas nicht „zurechnen", wir zweifeln an seiner „Zurechnungsfähigkeit" u. s. f. So gewohnter Weise wir also die Forderung, rechnen zu können, heute an jeden unserer Mitmenschen, nach deren Berufe in mehr oder minder hohem Grade, stellen und selbstverständlich finden, fällt es uns desto schwerer, eine civilisirte Zeitepoche zu denken, welche sich dieser uns ganz geläufigen Anforderung nur sehr wenig bewufst war, welche das Rechnen in Bezug auf Nationalwohlstand und Bildung als etwas Nebensächliches angesehen hat, ein Zeitalter, das in die Schulen alles andere als Rechenlehrer setzte und naiver Weise meinte, für den Unterricht im Rechnen habe das Privatinteresse zu sorgen. Es gab solche Zeiten, und zwar liegen sie nicht gar so lange hinter der Gegenwart zurück. Der

Digitized by Google

Mensch, die menschliche Gesellschaft, hat eben nur allmählich rechnen gelernt, und erst der Aufschwung der Wissenschaften und der durch diesen, sowie durch den zunehmenden Völkerverkehr mächtig erweiterte geistige Gesichtskreis der Nationen haben die Kunst des Rechnens zum Gemeingut der civilisirten Welt gemacht.

Die Anfänge des Rechnens reichen bis auf die Anfänge des menschlichen Denkens zurück. Erst nachdem der Urmensch die ihn umgebenden Dinge begrifflich unterscheiden, das Gleichartige zu verbinden, das Ungleichartige von einander trennen gelernt hatte, konnten die ersten Zahlenbegriffe und, nach der Entstehung einer Sprache, auch die ersten Zahlwörter entstehen. Die Stufe der Civilisation, auf der sich ein Volk befand, entschied den Reichthum oder den Mangel seiner Sprache an Zahlwörtern. Noch heute giebt es eine Reihe von Naturvölkern, welche nicht über fünf zählen können; ihre Entwicklungsstufe, ihre minimalen Bedürfnisse und der Mangel des Zusammenlebens der Individuen hat sie in Zahlenbegriffen nicht weiter geführt. Wie die allerältesten Zahlwörter der Menschheit gebildet worden sind, darüber gehen die Meinungen sehr auseinander. Sicher ist, dafs sie zugleich zu den ältesten Resten der menschlichen Sprachen gehören, und dafs sie nicht selten Kennzeichen an sich tragen, welche auf den einstmaligen Zusammenhang gewisser Völkerstämme hindeuten. Aus diesem Grunde erfreuen sich die Zahlwörter einer besonderen Aufmerksamkeit seitens der Sprachen- und Völkererforschung und sind für diese Wegweiser, freilich auch nicht selten Irrlichter, welche die Wahrheit umtanzen. Möglicherweise hat der Mensch die ersten Zahlenbegriffe seinem eigenen Körper entnommen; die verschiedene Zahl der Sinnesorgane und Gliedmafsen, 2 Augen, 2 Ohren, die 5 Finger jeder Hand u. s. w. können zum ersten Zählen geführt haben. Nachdem der Mensch das Gleichartige zu verbinden (z. B. drei Finger der einen Hand mit drei der anderen) gelernt und für das Resultat einen Ausdruck gefunden hatte, „rechnete“ er gewissermafsen auch schon, und es sind sicherlich die beiden Grundoperationen des Rechnens, das Zusammenfassen und Trennen gleichartiger Theile eines Ganzen, die Addition und Subtraktion, so alt wie die Zahlwörter selbst. Bei diesen Uranfängen des Rechnens haben gewifs die Finger der Hände eine bedeutende Rolle gespielt. Wir finden nämlich nicht nur jetzt noch bei manchen Naturvölkern einen sehr ausgebreiteten Gebrauch der Finger beim Rechnen, sondern wir sind durch Ueberlieferungen auch direkt in den Stand gesetzt, nachweisen zu können, dafs diese Methode bei vielen Kulturvölkern des Alterthums in An-

Digitized by Google

wendung gewesen ist, und wir werden später darauf zu sprechen kommen, wie das Fingerrechnen selbst noch im Mittelalter eine sehr erhebliche Verbreitung hatte. Die zehn Finger der Hände genügen in der That für das Definiren der einfachsten Zahlen; bei der Darstellung gröfserer Zahlen hilft der Erfindungsgeist der Völker. Nicht wenige halbwilde Stämme haben sich mit den sie besuchenden geographischen Expeditionen über die Zahl von zu tauschenden Gegenständen sinnreich und leicht mittelst des Fingerrechnens verständigt. Im südlichen Afrika treten beim Abzählen einer grofsen Zahl von Dingen mehrere Individuen zusammen; der Eine macht den Anfang, indem er die Finger seiner einen Hand, mit dem kleinen Finger der linken beginnend, nacheinander erhebt, bis zum kleinen Finger der anderen Hand vorwärts schreitend; ein Zweiter, der die Zehner vorstellt, setzt dasselbe Verfahren fort, worauf ein Dritter vortritt, welcher die Hunderter repräsentirt. Wie oft dabei die Zehner und Hunderter vollendet werden, wird besonders markirt, so bei den Zulukaffern dadurch, dafs sie beide Hände mit den noch ausgestreckten Fingern zusammenschlagen. Dieses primitive Rechnen mit den Fingern wurde von höher stehenden Nationen ausgebildet und von manchen bis zu einem kunstvollen Systeme gesteigert; man gruppirte die emporgehobenen Finger, bog einige ein, gab ihnen verschiedene Stellungen und legte jeder solchen Variante die Bedeutung einer Zahl bei. Sehr wahrscheinlich war ein solch künstliches Fingerrechnen bei den Aegyptern und Babyloniern üblich; wenigstens sprechen einige noch erhaltene Darstellungen auf Alterthümern dafür. Von den Griechen und Römern wissen wir aus manchen Stellen bei den Klassikern, dafs die Fingerrechnung bei ihnen in Gebrauch war. So bezeugt Aristophanes in den „Wespen", dafs man Rechnungen mit den Fingern ausführte. Der römische König Numa liefs ein Standbild des doppeltgesichtigen Janus errichten, auf welchem die Fingerstellung die Zahl 355 (das Jahr) ausdrückte. Mit „Wort und Fingern" läfst Suetonius die Goldstücke abzählen. „Die rechte Hand bringt die Rechnung zusammen", heifst es bei Plautus. Bei den Arabern figurirten die Finger der linken Hand für die Einer und Zehner, die der rechten für die Hunderte und Tausende. Dafs sich einfache Rechnungen mit Hilfe der Finger ausführen lassen, davon giebt eine heute noch in der Wallachei übliche Methode Zeugnifs, wo es sich darum handelt, Produkte von Zahlen, die gröfser als 5 sind, zu finden. Die Finger beider Hände erhalten, vom Daumen bis zum Kleinfinger gezählt, die Bedeutung 6 bis 10. Ist z. B. 7 mal 8 zu finden, so streckt man den

Digitized by Google

Siebenerfinger der einen Hand und den Achter der andern vor; nach dem Kleinfinger hin bleiben an der einen Hand 3, an der andern 2, also deren Produkt $3 \times 2 = 6$; die vom Daumen ab in beiden Händen noch vorhandenen addirt man, also $3 + 2 = 5$, demnach das Produkt 56.

Durch das Rechnen mit den Fingern ist der Mensch wahrscheinlich schon in Zeiten, die weit ab von der Gegenwart liegen, zu der Gewohnheit gelangt, abgezählte Dinge in bestimmte Gruppen, nach der Zahl der Finger, nämlich in Abtheilungen von je zehn, zusammen zu fassen; auf diese Weise mag die Zehn die Grundzahl des Zählsystems vieler Völker, des Dezimalsystems, geworden sein. Manche Völkerschaften bildeten die Zahlengruppen aber auch nach der doppelten Fingerzahl, zwanzig (Vigesimalsystem), und andere wieder mit Zugrundelegung der Finger nur einer Hand (Quinarsystem). Hinweisungen auf die verschiedenen Zahlensysteme enthalten die Sprachen sehr vieler Völker; so finden sich in den Sprachen der Mayas (Yucatan) und Azteken besondere Worte für 20, 400, 8000. Im Französischen stecken Reste eines keltischen Vigesimalsystems (quatrevingt = 80), desgleichen ähnliche Spuren im Dänischen (tresindstyve = $60 = 3 \times 20$, firesindstyve = $80 = 4 \times 20$). Wenn man früher behauptet hat, dafs es in der Entwicklungsgeschichte der menschlichen Sprache überhaupt keine anderen, als die drei genannten Zahlensysteme gäbe, so ist dies durch neuere Forschungen widerlegt worden. So trifft man unter andern in der Sprache der Neuseeländer auf eine Reihe von Zahlwörtern, die sich sämtlich als Vielfache der Zahl 11 darstellen. In dem Baue der Zahlwörter ist, wie man schon aus diesen wenigen Beispielen ersieht, ein gewisses Rechnen verborgen, nämlich das Bilden von Produkten; aber auch von der Subtraktion und (freilich selten) von der Division macht der menschliche Geist bei der Konstruktion von Zahlenbegriffen Gebrauch. So heifst duodevingti im Lateinischen 2 von 20, nämlich 18; im Griechischen ist δυοῖν δέουτες ἑξήκοντα = 58 d. i. 60, welche 2 bedürfen; im Sanskrit bedeutet ekonaschaschta = 59, die um 1 verminderte sechzig, u. s. w.

Von überaus grofser Bedeutung für die mathematischen Wissenschaften ist das in seinen Anfängen bis in sehr hohe Altersepochen geistiger Kultur zurückreichende Sexagesimalsystem (mit der Grundzahl 60) geworden. Die Schöpfer dieses bedeutungsvollen Zählsystems waren die Babylonier; der astronomischen Thätigkeit dieses Kulturvolkes ist es entsprungen. Die Astronomie der Babylonier ist uralt; ganz abgesehen von Plinius, der hunderttausende von Jahren dafür in Anspruch nimmt, wissen wir aus sicheren Quellen,

Digitized by Google

dafs schon um 1700 v. Chr. für den König Sargon ein astrologisches Werk abgefafst worden ist. Von den Babyloniern wurde schon sehr früh die Länge des Jahres zu 360 Tagen angenommen und die Eintheilung des Kreises (in 360 Grade) sollte den Weg darstellen, den die Sonne um die Erde im Laufe eines Jahres zurücklegt. In jedem Kreise aber war ein sechsmaliges Auftragen des Halbmessers als Sehne möglich, es entstand das dem Kreise eingeschriebene Sechseck und jeder der 6 Bogen des Kreisumfanges enthielt 60 Theile. Das Prinzip dieser Sechzigtheilung mag von den babylonischen Geometern dann auf verschiedene Mafse übertragen worden sein. Schwache Gründe lassen vermuthen, dafs einst in Babylon sogar eine Sechzigtheilung des Tages vorhanden gewesen sein dürfte, von welcher sich Spuren in der indischen Astronomie (welche sicher von der babylonischen beeinflufst worden ist), vorgefunden haben. Den eigenthümlichen Gebrauch des Sexagesimalsystems bei Zahlenangaben fand man zuerst bei Entzifferung eines 1854 bei Senkereh am Euphrat ausgegrabenen, sehr alten Thontäfelchens. Dieses ehrwürdige Zeugnifs babylonischen Rechnens fafst auf Vorder- und Rückseite 60 Zeilen in Keilschrift; am Anfang und Ende jeder Zeile steht eine Zahl, dazwischen stehen Zeichen, von welchen eines „ibdi" gelesen wird. Rawlinson erkannte, dafs „ibdi" = Quadrat bedeutet, und dafs die Zahlen am Anfange jeder Zeile die Quadrate der am Ende stehenden sind. Die Anordnung von der achten Zeile aufwärts ist nämlich folgende:

1. 4 ist das Quadrat von 8 [d. h. $64 = 60 + 4$]
1.21 „ „ „ „ 9 [d. h. $81 = 60 + 21$]
1.40 „ „ „ „ 10 [d. h. $100 = 60 + 40$]
u. s. w.
58. 1 „ „ „ „ 59 [d. h. $3481 = 60 \times 58 + 1$]

Auf der Rückseite der Thontafel waren die Kubikzahlen von 1 bis 32 aufgetragen und in ähnlicher Weise durch das Sexagesimalsystem ausgedrückt, z. B. der Kubus von 16 durch

1. 8. 16

d. h. $16^3 = 4096 = \mathbf{1} \times 60^2 + \mathbf{8} \times 60 + \mathbf{16}$.

An die vorstehenden Erörterungen über die Entstehung der Zahlensysteme würde sich nun noch die Frage über die Entstehung der Zahlenzeichen, d. h. der Ziffern, schliefsen. Allein es würde sehr eingehende und doch schliefslich unbefriedigende Auseinandersetzungen erfordern, wollten wir nur die hauptsächlichsten Ziffernschriften be-

Digitized by Google

rühren. Allgemein läfst sich die Entstehung der Zeichen überhaupt nicht beantworten. Möglicherweise kann man, wie wir heute noch bei einigen Naturvölkern sehen, anfangs Zahlen durch Striche dargestellt haben, die man in Hölzer einschnitt. Später, mit Entwicklung der Bilderschrift, mögen bildliche Darstellungen auch für Zahlen erfunden worden sein. Die Zahlenbilder sind vielleicht anfänglich ohne System nebeneinander gestellt worden, bis der geistig aufstrebende Mensch aus diesen Bildern einfachere Zeichen formte und diese in solcher Folge hintereinander reihte, dafs das Anfangszeichen den höchsten Werth der Zahl, das Schlufszeichen den niedrigsten bedeutete, oder wie wir modern sagen, dafs der Mensch lernte, die Zahlen „ihrem Stellenwerth entsprechend zu ordnen." Dieses „Gesetz der Gröfsenfolge", dafs bei allen additiv vereinigten Zahlen das Mehr dem Minder vorangeht, zeigen die Schriften fast aller Völker, und einige in syrischen Handschriften gefundene Varianten scheinen bis jetzt die einzigen Ausnahmen von der Regel zu sein.

Wir treten nun der Frage näher, wie sich unsere heutige Art zu rechnen aus den Methoden der Völker der Vorzeit entwickelt hat. War der Mensch einmal dazu gelangt, nach einem bestimmten System zu zählen und hatte er für die Zahlen bildliche, wenn auch noch unbeholfene Zeichen erfunden, so konnte er auch, wie schon angedeutet worden ist, die einfachsten Rechnungsoperationen ausführen. Wurden z. B. 20 Steine nebeneinander gelegt und dann noch 16 weitere dazu gethan, indem man dabei von 20 ab weiter zählte, so fand man das Additionsresultat 36; das Wegnehmen von nach und nach 24 Steinen von dieser Summe liefs das Subtraktionsresultat 12 übrig; drei Haufen von je 12 Steinen gaben 3 mal 12 Steine oder wieder 36, und in dem Haufen von 36 Steinen mufsten 12 Steine 3 mal enthalten sein. Ganz nach dieser Art, also der Weise ähnlich, wie mit den Kindern in unseren Schulen der Rechenunterricht begonnen wird, haben viele Völker gerechnet. So rechnen heute noch die Afrikaner und Asiaten mit Hilfe von Kaurimuscheln und Maiskörnern. Weiter entwickelte Nationen erfanden Hilfsmittel für dieses primitive Rechnen und bedienten sich eines besonderen Rechenbrettes und künstlicher Rechnungsmarken. Man zog parallele Striche auf dem Brette, benannte die so entstehenden Kolumnen als die Stellen der Einer, Zehner, Hunderter der Zahlen und legte in diese Kolumnen die Marken je nach der Zusammensetzung der Zahlen, mit denen gerechnet werden sollte. Durch Zulegen und Wegnehmen der Marken wurde die Lösung von Aufgaben der Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division

Digitized by Google

erreicht. Bei den alten Griechen hiefs das Rechenbrett der „Abax". Auf dem Abax streute man Staub aus, zog mit einem Stäbchen die Kolumnen und legte zur Rechnung Steinchen (ψήφοι) ein. Bei Polybios heifst es, die Marken auf dem Abax gelten nach der Vorstellung des Rechners bald einen Chalkus, bald ein Talent.[1]) Auf der grofsen Dariusvase in Neapel ist ein Rechner dargestellt, welcher den Tribut, der dem Darius zu entrichten war, auf einem Rechenbrette verzeichnet. Im Jahre 1846 fand man auf der Insel Salamis eine Marmortafel von rechteckiger Form, welche möglicherweise ein im öffentlichen Verkehr gebrauchter Abax gewesen sein kann; sie zeigt 5 Haupt- und 4 Nebenkolumnen; erstere dienten zur Rechnung mit je 6000, 1000, 100, 10, 1 Drachmen, die Nebenkolumnen für 1 Obolus,[2]) $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_6$ dieser Münze. Jede der Hauptkolumnen war durch einen über die Abtheilungen laufenden Querstrich in zwei Hälften getheilt, deren eine (die obere oder untere) den eingelegten Marken den fünffachen Werth gab als die andere. Das schriftliche Rechnen der Griechen mag, da die Komplizirtheit der Zahlenzeichen eine leichte Behandlung der Rechnung verhindern mufste, ziemlich mühselig gewesen sein. Man stelle sich vor, wenn Zahlen wie $\overset{\gamma}{M},\vartheta$ (= 39000), $\overline{,\alpha\varphi}$ (= 1500), $\overline{\sigma\chi\varepsilon}$ (= 225) und $\overline{\varphi\nu}$ (= 750) zu addiren oder gar zu multipliziren waren. Beim Multipliziren wäre unser heutiges Verfahren kaum anwendbar gewesen; in der That verfuhren die Griechen, nach dem Kommentar des Eutokius, nach dem entgegengesetzten Wege wie wir: sie begannen mit den höchsten Stellen und schritten dann zu den niedrigeren fort. War z. B. 3217×2027 zu rechnen, so multiplizirte man zuerst 3000×2000, dann 3000×20, dann 3000×7, hierauf 200×2000, 200×20 und 200×7 und so fort. — Auch die Römer besafsen verschiedene Rechenbretter und in den Schulen wurde das „Rechnen auf dem Abakus" gelehrt. Die Rechenbretter wurden mit Staub bestreut und mit Steinchen, calculi, belegt; es gab aber auch solche mit längeren und kürzeren Einschnitten und mit darin verschiebbaren Knöpfen, die ein schnelleres Addiren und Subtrahiren ermöglichten. Beim Multipliziren fand das Finger- und Kopfrechnen ausgedehnte Anwendung; wir wissen aus römischen Schriftstellern, dafs in römischen Schulen das Kopfrechnen fleifsig geübt wurde, dafs die Schüler das Einmaleins gemeinsam abzusingen pflegten und dafs sie dabei auch — geprügelt worden sind. Zur Multiplikation gröfserer Zahlen hatte

[1]) 1 Talent = 6000 Drachmen, 1 Chalkus = $^1/_6$ Obolus.
[2]) 1 Obolus = $^1/_6$ Drachme.

Digitized by Google

man wahrscheinlich Tabellen, welche die Produkte gegebener Zahlen fertig lieferten, eine solche ist uns aus spätrömischer Zeit in dem sogen. Calculus des Victorius erhalten geblieben. Es mag übrigens bei den Römern, wie bei den Griechen, eine gleich saure Arbeit gewesen sein, mit den ungefügen Ziffern, die bei einer halbwegs gröfseren Zahl sich zu Ungethümen zusammensetzten, zu manipuliren und es ist begreiflich, wenn das Dividiren bereits für eine schwere Kunst galt. Im Bruchrechnen haben es weder Griechen noch Römer weit gebracht. Die Römer übten im Schulunterricht hauptsächlich das Rechnen mit den „Minutien", d. h. mit im praktischen Leben häufiger vorkommenden, speziell mit Rücksicht auf das Münzwesen erfundenen Brüchen, wie $^{11}/_{12}$, $^{5}/_{6}$, $^{3}/_{4}$ u. s. w. Denkt man daran, dafs diese Minutien von den Römern keineswegs als Brüche geschrieben, sondern sehr schwerfällig umschrieben wurden, z. B.

$^{32}/_{25}$ scripuli[3]) = sextularum duarum et triginta pars XXV,

so kann man sich das Vergnügen einer Multiplikation solcher Minutien wohl lebhaft vorstellen.

[3]) Scripuli = Unterabtheilungen der Unze.

(Fortsetzung folgt).

Digitized by Google

Werner von Siemens.

Obwohl unter den Lesern unserer Zeitschrift kaum einer sein dürfte, der den Berichten der Tagesblätter über den am 6. Dezember des vorigen Jahres erfolgten Tod Werner von Siemens' und ihren Schilderungen seines thatenreichen Lebens nicht mit lebhaftestem Interesse gefolgt wäre, so mag es uns doch vergönnt sein, im folgenden noch einmal das Lebensbild eines Mannes zu entwerfen, in welchem auch die Bestrebungen unserer Gesellschaft und unserer Zeitschrift einen warmen Freund und eifrigen Förderer verloren haben. Erst wenige Monate sind vergangen, seit der Verstorbene selbst die letzte Hand an die Abfassung seiner „Lebenserinnerungen“[1]) legte, ein Werk, dessen Lektüre in gleichem Grade demjenigen empfohlen werden kann, welcher selbst Arbeiter in irgend einem Zweige der Naturwissenschaft oder Technik ist und die wichtigen Errungenschaften, welche sich an den Namen Siemens knüpfen, in ihrem allmäligen Werden erkennen will, wie demjenigen, der in allgemeinerer Weise sein Augenmerk darauf lenkt, wie die grofsen Geister, die die Kultur um ein beträchtliches Stück vorwärts bringen, ihre schaffensreiche Bahn durchlaufen.

Geboren wurde Ernst Werner Siemens am 13. September 1816 zu Lenthe bei Hannover. Die Verhältnisse, aus welchen er hervorging, waren der Entwickelung seiner besonderen Fähigkeiten zwar nicht hinderlich, aber doch auch nicht in hohem Grade günstig. Er war das älteste unter elf Kindern eines in dem genannten Dorfe und später in Menzendorf bei Mecklenburg ansässigen Gutspächters. Im elterlichen Hause erhielt er eine sorgfältige Erziehung, vornehmlich von Seiten seines Vaters, eines geistvollen und energischen Mannes, und seines Hauslehrers Sponholz, an dessen Thätigkeit er sich noch in den letzten Jahren seines Lebens mit Dankbarkeit erinnerte.

---

[1]) Verlag von Julius Springer in Berlin.

Digitized by Google

Dieser junge Kandidat der Theologie war es, welcher in den wilden und arbeitsscheuen Knaben des Oekonomen das Gefühl der Freude an nützlicher Arbeit und den ehrgeizigen Trieb, sie wirklich zu leisten, erweckte. Später absolvirten die beiden ältesten Knaben Werner und Hans das Lübecker Gymnasium, die sogenannte Katharinenschule. Bei der grofsen Zahl von Kindern erlaubten die Mittel der Eltern nicht, dafs Werner, wie es seinen Wünschen entsprochen haben würde, sich dem Studium des Baufachs widmete.

Werner von Siemens.

Auf den Rath eines seiner Lehrer und den Wunsch seines Vetters, der mit klarem Blicke in dem preufsischen Staate und speziell in der preufsischen Armee den festen Mittelpunkt inmitten der eines Umschwungs so bedürftigen deutschen Verhältnisse erkannte, wandte sich Werner im Jahre 1834 nach Berlin und dann nach Magdeburg, um bei einem dortigen Artillerieregimente Aufnahme zu finden. Das im nächsten Jahre erfolgende Kommando zur Artillerie- und Ingenieurschule leitete drei überaus glückliche Lebensjahre für ihn ein. Das kameradschaftliche Leben mit jungen Leuten gleichen Alters und gleichen Strebens, das gemeinschaftliche Studium unter der Leitung tüchtiger Lehrer, von denen nur der Mathematiker Ohm, der Physiker

Digitized by Google

Magnus und der Chemiker Erdmann genannt werden mögen, deren Unterricht ihm eine neue interessante Welt eröffnete, machten diese Zeit zu einer im hohen Grade genufsreichen. In das Ende dieser Periode fallen Siemens erste wissenschaftliche Versuche, welche durch einen recht unwissenschaftlichen Zufall, die Abbüfsung einer Festungshaft infolge der Betheiligung an einem Duell, befördert wurden. Die gerade bekannt gewordene Erfindung der Galvanoplastik suchte Siemens auch auf andere Metalle als das von Jacobi benutzte Kupfer auszudehnen. Es gelang ihm, aus einer Goldsalze enthaltenden Lösung von unterschwefligsaurem Natron auf galvanischem Wege Gold auf einem Löffel niederzuschlagen. Dieses Verfahren der galvanischen Vergoldung wurde ihm bald darauf von einem englischen Konkurrenten für 1500 Lstr. abgekauft, eine Summe, welche für die Verhältnisse des jungen Offiziers ganz aufserordentlich grofs war. Sein Bruder Wilhelm, durch dessen Vermittelung dieses Geschäft zustande gekommen war, liefs sich von nun an in England nieder und hat sich bekanntlich in seinem neuen Vaterlande Ehre und Anerkennung in gleicher Weise zu erringen gewufst, wie Werner bei uns. Ueberhaupt hat sich die Thätigkeit der Gebrüder Siemens weit über die Grenzen des deutschen Vaterlandes ausgedehnt; aufser Werner und Wilhelm widmeten noch fünf unter den zehn Brüdern ihre Arbeitskraft den verschiedenen Zweigen der Ingenieurwissenschaft, und von ihnen wirkte Karl in Petersburg, als Leiter eines Zweiggeschäftes, welcher den Bau und die Unterhaltung der gesamten russischen Telegraphen zu leiten hatte. Der Dritte der Brüder, Friedrich, ein hochbegabter Mann wie Werner und Wilhelm, leistete in der Verwerthung einer anderen Naturkraft, der Wärme, Bedeutendes. Er führte das Prinzip der Regenerativheizung, bei der die Brennmaterialien vorgewärmt werden und deshalb den ihnen innewohnenden Wärmevorrath mit gröfserem Nutzeffekt hergeben, aufs glücklichste durch; dieses Prinzip ist nicht nur für die Heizung und Beleuchtung, sondern vor allem auch für die Fabrikation von Stahl und für die Glasindustrie in hohem Grade wichtig geworden und hat den in England gegründeten Siemens Steel Works und den Glasfabriken in Dresden, welche viele Tausende von Arbeitern beschäftigen, zu einem grofsartigen Aufschwung verholfen. — Kaum dürfte die Geschichte der Kultur ein zweites Beispiel eines so glücklichen Zusammenwirkens der Glieder einer Familie aufweisen, wie wir es hier vor uns haben. Werner freilich hat hieran, wenn auch nicht den ausschliefslichen, so doch den hervorragendsten Antheil. Wie er schon in seiner Kindheit als der Älteste

Digitized by Google

für die Jüngeren zu sorgen hatte, so hat er sie auch später geistig angeregt, ja man kann sagen, geführt. Diese Vertheilung und richtige Verwerthung der Arbeitskräfte nach einem einheitlichen Plane, welche gewissermafsen auch einem „getrennt Marschieren, vereint Schlagen" verglichen werden kann, bildet ja überhaupt ein Charakteristikum der Arbeitsweise unserer Zeit. Wie solche in der Siemensschen Familie ihren Ausdruck fand, so haben wiederum die Siemens mit ihren weltumspannenden Drähten dazu beigetragen, dafs dies Prinzip allmählich auch von der ganzen Menschheit als die richtige Grundlage ihres Schaffens erkannt werde.

Verfolgen wir nun den Lebensgang Werners weiter. Bald nach jener ersten Erfindung wandte er sich mehr rein wissenschaftlichen Studien zu. Zu den bereits erwähnten Lehrern gesellten sich noch Dove nnd Riefs, von denen namentlich der erstere einen grofsen Einflufs auf ihn gewann. Der Verkehr mit einem Kreise von talentvollen jungen Naturforschern, darunter du Bois-Reymond, Brücke, Helmholtz, Clausius, Wiedemann u. A. bot gar manche bedeutsame und kräftige wissenschaftliche Anregung. Und doch wurde Siemens immer wieder auf den Weg technischer Verwerthung wissenschaftlicher Resultate zurückgeführt. Mehr und mehr befestigte sich in ihm die Ueberzeugung, dafs „die naturwissenschaftliche Erkenntnifs und die wissenschaftliche Forschungsmethode die Technik zu einer noch gar nicht zu übersehenden Leistungsfähigkeit entwickeln könnte." Neben den elektrochemischen Untersuchungen, denen Siemens bekanntlich sein Leben lang das regste Interesse bewahrt hat, fesselten ihn in dieser Zeit Experimente auf dem Gebiete der Elektrotelegraphie. Die Einrichtungen, durch welche es ihm gelang, den damals üblichen Zeigertelegraphen von Wheatstone zu vervollkommnen, können an dieser Stelle nicht wohl beschrieben werden.[2]) Eine fast noch wichtigere Erfindung lag in der Umpressung von Leitungsdrähten mit Guttapercha, dem damals neu erfundenen Stoffe von vorzüglichen elektrischen Eigenschaften, welcher auch heute noch zur Isolation unterirdischer und unterseeischer Kabel benutzt wird. Im Sommer 1847 wurde die erste längere unterirdische Leitung von Berlin nach Grofsbeeren mit derartig isolirten Drähten von Siemens gelegt. Infolge einer Denkschrift über die elektrischen Telegraphen und ihre zu erwartenden Verbesserungen, welche Siemens dem General Oetzel, dem

[2]) Vergl. die Abhandlung: Ueber telegraphische Leitungen und Apparate von W. Siemens. 1850.

Digitized by Google

Chef der optischen Telegraphen des preufsischen Staates einreichte, wurde er zur Dienstleistung bei der Kommission des Generalstabes kommandirt, welche die Einführung der elektrischen Telegraphen anstatt der optischen vorbereiten sollte. In dieser Kommission vertrat Siemens den wichtigen Gedanken, dafs die Telegraphie nicht ausschliefslich in den Dienst des Staates gestellt werden dürfe, sondern auch dem Publikum zugänglich gemacht werden müsse. Es ist uns heut zu Tage kaum verständlich, dafs Siemens mit dieser Ansicht fast allein dastand. In diese Zeit fällt auch die Verbindung mit dem Mechaniker Halske und die Einrichtung jener bescheidenen Werkstätte für Telegraphenbau in einem Hinterhause der Schöneberger Strafse, aus welcher sich so schnell das weltbekannte Etablissement von Siemens u. Halske entwickelte. Bis jetzt gehörte Siemens noch der Armee an, und im Jahre 1848 hatte er Gelegenheit, den Kieler Hafen mit Hülfe unterseeischer, mit elektrischer Zündung versehener Minen gegen die dänischen Kriegsschiffe zu vertheidigen. Erst im folgenden Jahre nahm er seinen Abschied; nun begann die Zeit seiner fast ausschliefslichen Thätigkeit auf dem Gebiete der Elektrotechnik und damit die Periode, während deren in den Siemensschen Werkstätten eine wichtige Erfindung der anderen auf dem Fufse folgte. Die Rolle, welche Siemens bei dem ungeheuern Aufschwung der Elektrotechnik, den diese seit der Mitte des Jahrhunderts genommen hat, spielte, war bekanntlich die, dafs er wenigstens in Deutschland stets an der Spitze der Techniker stand; sobald die von ihm ausgehenden Erfindungen, welche in der ersten Zeit selten durch Patente geschützt wurden — das Zustandekommen unserer jetzigen Patentgesetzgebung ist zum grofsen Theile erst Siemens zu verdanken —, von anderen acceptirt und Gemeingut geworden waren, sicherten neue Erfindungen, unterstützt durch den sich immer mehr festigenden guten Ruf ihrer Fabrikate der Firma Siemens u. Halske wieder einen bedeutenden Vorsprung. Siemens war der Erste, der die Mehrfach-Telegraphie und das Gegensprechen ins Leben zu rufen versuchte. Er vervollkommnete die Kunst, elektrische Gröfsen zu messen, durch die von ihm aufgestellte Widerstandseinheit, bei der zum ersten Male ein strukturloses, nämlich ein flüssiges Metall, das Quecksilber, benutzt wurde, sowie durch die vielen in seiner Fabrik erdachten Mefsapparate. Die von Faraday entdeckte Möglichkeit, durch gegenseitige Bewegung von Drahtstücken und Magneten elektrische Ströme zu erzielen, wurde von Siemens mit Hilfe des nach ihm benannten Doppel-T-Ankers zur Erzeugung starker, gleich-

Digitized by Google

gerichteter Ströme verwendet. Kurze Zeit früher als sein einziger, ihm an Erfindungsgabe ebenbürtiger Rivale Wheatstone, entdeckte Siemens das Dynamo-Prinzip, nach welchem durch wechselseitige Steigerung von Ursache und Wirkung diese Ströme so stark gemacht werden können, dafs sie die elektrische Beleuchtung ermöglichen. Der Siemenssche Anker wurde später durch den von Pacinotti und Gramme erfundenen Ringanker und den ebenfalls in der Siemensschen Fabrik konstruirten Trommelinduktor von Hefner-Alteneck in Bezug auf die Erzeugung starker Ströme verdrängt, wird aber noch immer bei Signalapparaten u. dergl. häufig benutzt. Derselbe Siemenssche Ingenieur erfand die elektrische Differentiallampe, welche die Theilbarkeit des elektrischen Lichtes ermöglichte und dadurch die elektrische Beleuchtung mittels Bogenlampen wesentlich förderte. Diejenige Anwendung des elektrischen Stromes, welche in der letzten Zeit im Vordergrunde des öffentlichen Interesses steht, ist wohl die Kraftübertragung. Auch an der Lösung dieser Aufgabe hat Siemens durch die Konstruktion wirksamer Elektromotoren einen hervorragenden Antheil. Im Jahre 1879 wurde von ihm auf der Gewerbeausstellung zu Berlin zum ersten Male eine elektrische Eisenbahn vorgeführt. Drei Jahre später wurde die Linie Berlin-Lichterfelde eröffnet.

In dem Vorstehenden sind nur einige der bedeutsamsten technischen Leistungen von Siemens angeführt. Der wissenschaftlichen Arbeit, zu der er viel seltener, als es seinen Wünschen entsprach, die nöthige Mufse fand, hat er sich durch bekannte theoretische und praktische Untersuchungen gewidmet. Von letzteren erinnern wir an seine Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in den Drähten, welche er, gleichwie die Bestimmung der Geschwindigkeit von Geschossen, dadurch erhielt, dafs er elektrische Funken auf einen schnell rotirenden polirten Stahlcylinder schlagen liefs und den Unterschied ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge durch die Entfernung der entstehenden Brandmarken mafs. 1874 wurden diese wissenschaftlichen Leistungen durch seine Aufnahme in die Kgl. Akademie der Wissenschaften in Berlin anerkannt. Sein alter Freund du Bois-Reymond war es, der ihn in der bekannten Begrüfsungsrede „willkommen hiefs in dem Kreise der Akademie, welche die Wissenschaft nur um ihrer selbst willen betriebe." Auch an materiellen Erfolgen hat es Siemens bekanntlich nicht gefehlt, und er hat sich aufs eifrigste bemüht, dieselben zum Wohle derjenigen, welche ihm nahe standen, seiner Angehörigen und seiner Arbeiter, sowie zur Förderung öffent-

Digitized by Google

licher Interessen zu verwenden. Als die Gründung der Urania in Aussicht stand, war er, der sich ja auch selbst auf dem Gebiete der populären Darstellung bethätigt hatte,[3]) einer der Ersten, der eine namhafte Summe zur Unterstützung dieses gemeinnützigen Werkes zeichnete. Das, was den eigentlichen Kern seiner Arbeiten und Bestrebungen ausmacht, dürfte wohl seinen besten Ausdruck in der Gründung der Technischen Reichsanstalt gefunden haben, zu der er nicht nur die Anregung gab, sondern auch sehr bedeutende Geldmittel zur Verfügung stellte. Der wissenschaftlichen Forschung — das war seine Meinung — mufs allerdings Gelegenheit gegeben werden, frei von allen Rücksichten auf praktische Verwerthung zu arbeiten; aber das, was sie erreicht hat, darf dann nicht, gleich als würde es durch Berührung mit dem Leben des Volkes profanirt, in geheimen Kammern aufbewahrt werden. Die Praxis des Lebens mufs vielmehr jede Gelegenheit suchen und auch finden können, durch die Resultate der Wissenschaft befruchtet und weiter entwickelt zu werden. Die Herrschaft des Menschen über die Naturkräfte wird, wenn sie in dieser Weise zugleich in geistiger und materieller Beziehung fortschreitet, dahin führen, dafs ohne einen gewaltsamen Umsturz die sozialen Fragen, welche die Welt gegenwärtig bewegen, ihre Lösung finden. Mag es immerhin sein, dafs zur Erreichung eines solchen Zustandes ein Fortschreiten in unseren moralischen, politischen und speziell sozialpolitischen Anschauungen nöthig ist, so bildet jedenfalls die ungestörte Entwickelung des naturwissenschaftlichen Zeitalters die allernothwendigste Voraussetzung dafür, dafs jene Fragen mit Erfolg in Angriff genommen werden können. P. Spies.

Observatorium auf dem Mont Blanc.

Im I. Jahrgange unserer Zeitschrift (Seite 492) haben wir über die Beobachtungsresultate berichtet, welche eine von dem Spectroscopiker Janssen auf den Mont Blanc zur Untersuchung des Sonnenspektrums unternommene Expedition zur Folge gehabt hat. Direktor Janssen hat weitere Kreise der wissenschaftlichen Gesellschaft und auch die Pariser Akademie für die Errichtung eines ständigen Observatoriums auf dem Gipfel des Mont Blanc zu interessiren gewufst, welches von

[3]) Die Titel zweier bekannter Vorträge von Siemens sind: Die Elektriziät im Dienste des Lebens (1879) und: Das naturwissenschaftiche Zeitalter (1886).

Digitized by Google

Physikern, Meteorologen und Astronomen zur Ausführung verschiedener Beobachtungen benützt werden könnte. Das unter dem Vorsitze Janssens gebildete Comité zählt den Baron Bischoffsheim, Alphons von Rothschild, Prinz Roland Bonaparte, Graf Greffulhe, Delessert als Mitglieder, Léon Say als Ehrenpräsidenten. Wie Direktor Janssen in einer Sitzung der Akademie kürzlich mitgetheilt hat, sind im abgelaufenen Jahre eine Reihe Vorarbeiten für die Ausführung des geplanten Observatoriums vorgenommen worden; zunächst Sondirungsarbeiten über die Dicke der Eiskruste, welche den Berg bedeckt. Diese führten zu dem Gedanken, die mühselige Fundirung des Observatoriums auf Gestein zu umgehen, es vielmehr auf den harten Schnee zu stellen. Wie frühere Erfahrungen lehren, finden auf der harten Schneedecke des Gipfels nur sehr geringe Bewegungen, jedenfalls nur aufserordentlich langsame Schiebungen statt. Der Widerstand, den gefrorener Schnee der Placirung des Baues entgegenstellt, wurde durch Versuche ermittelt. Nach dem Plane des Architekten Vaudremer wird das Observatorium die Form einer abgekürzten Pyramide erhalten, an der Basis 10 m lang und 5 m breit sein. Es umfafst 2 Etagen mit Terrasse und Balkon. Eine Wendeltreppe verbindet die beiden Etagen mit der Terrasse. Die Wohn- und Beobachtungsräume haben durchaus Doppelwände, die Fenster hermetisch schliefsende Läden. Der leichte Bau ist aufserdem mit Einrichtungen zum schnellen Fortschaffen des etwa gefallenen Schnees versehen, sowie mit Winden, um Senkungen des Observatoriums zu begegnen. Selbstverständlich werden auch alle Vorkehrungen für Erzeugung von Wärme und die nothwendigen Bequemlichkeiten getroffen werden, um den Beobachtern ein langes Ausharren in dieser Schnee- und Eiswüste zu ermöglichen.

Die nächsten Arbeiten für die Errichtung des Observatoriums bestehen im Bau zweier Hütten, bei den Grand-Mulets und dem Rocher-Rouge, zur Aufnahme des Baumateriales und zum Schutz der Arbeiter, dann im allmählichen Transport des Materials an Ort und Stelle. Man rechnet für jeden Arbeiter eine Belastung bis zu 30 Kg. Das in Paris herzustellende Observatorium wird zerlegt und bis Chamounix transportirt. In diesem Jahre gedenkt man mit der Aufstellung beginnen zu können.

Die Warte wird, was sehr anerkennend hervorgehoben werden mufs, einen internationalen Charakter tragen und den Gelehrten der verschiedensten Nationen für Anstellung von Beobachtungen zugänglich gemacht werden.

Digitized by Google

Die Katastrophe von Saint-Gervais.

In der Nacht des 12. Juli vorigen Jahres wurden bekanntlich die Thäler von Bionnassay und Bon-Nant, die Ortschaft Bionnay und die Bäder von Saint-Gervais von einer niederstürzenden Eis- und Schlamm-Lawine heimgesucht, über deren verheerende Wirkungen bereits in den Tagesblättern ausführlich berichtet worden ist. Bald nach der Katastrophe am 19. Juli bestieg der Direktor des Mont-Blanc-Observatoriums, Herr Vallot, in Begleitung der Führer Gaspard Simon und Alphonse Payot aus Chamounix den am Fufse der Aiguille du Goûter gelegenen kleinen Gletscher Tête-Rousse, welchen man als den Ausgangspunkt der Lawine erkannt hatte, um an Ort

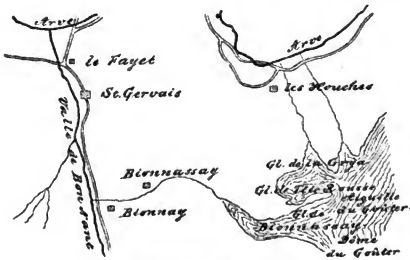


Fig. 1. **Umgebung von Saint-Gervais.**

und Stelle nach dem Anlafs des Vorfalls zu forschen. Die Ergebnisse dieser Lokaluntersuchung hat Herr Vallot in den „Archives des sciences physiques et naturelles“ [1]) veröffentlicht und daraus Schlufsfolgerungen über die Ursache der Katastrophe gezogen. Wir geben in dem Folgenden einen Auszug aus diesem interessanten Bericht.

Vorstehende Karte (Fig. 1) gewährt eine Uebersicht über die Situation der betreffenden Gegend. Von den Bergkuppen des Dôme du Goûter und der Aiguille du Goûter schiebt der Bionnassay-Gletscher seine Eismassen in das Thal des Bont-Nant, in welchem die hauptsächlich heimgesuchten Ortschaften, das Dorf Bionnay, die Bäder von Saint-Gervais und ein Theil des Weilers Le Fayet gegen 720 m hoch über dem Meeresspiegel liegen. Nördlich von dem Bionnassay-Gletscher fliefsen zwei kleinere Eisströme, der Tête-Rousse- und der Grya-Gletscher über ein nahezu horizontales Plateau von 3200 m Höhe.

[1]) No. 9, 15. Sept., 1892.

Digitized by Google

Fig. 2. **Oberer Hohlraum auf dem Tête-Rousse-Gletscher.**

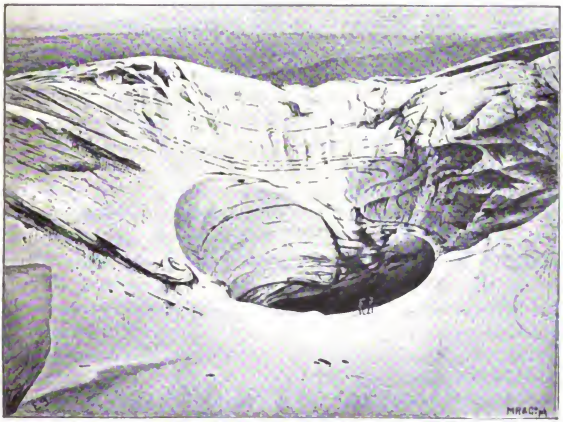


Fig. 3. **Unterer Hohlraum auf dem Tête-Rousse-Gletscher.**

Digitized by Google

Die Expedition des Herrn Vallot begab sich nach diesem Tête-Rousse-Gletscher; man fand auf demselben zwei mächtige, wannenförmige Vertiefungen im Eise, welche durch einen Schneegang von ca. 50 m Breite von einander getrennt waren. Beide Vertiefungen sind auf der Abbildung (Fig. 2 und Fig. 3) nach Aufnahmen dargestellt, welche der Photograph, Herr J. Tairraz aus Chamounix, unmittelbar nach der Katastrophe gemacht hat. Das obere Bild zeigt die höher liegende, das untere die tiefer liegende Eisgrube und zwischen beiden befindet sich der erwähnte Schneegang.

Die obere Grube hatte eine Länge von 80 m bei 40 m Breite und 35 bis 40 m Tiefe, sie war am Grunde vollständig mit zertrümmerten Eisblöcken angefüllt, was offenbar darauf hindeutete, dafs sie durch den Deckeneinsturz eines im Gletscher befindlichen Hohlraumes entstanden war. Die Wände zeigten von der Oberfläche bis zur Tiefe von 10 m deutlich ausgeprägte Schichtflächen, welche die verschiedenen nach einander auf den Gletscher gefallenen Schneemengen bezeichneten. Tiefer herab konnte man den Verlauf dieser Schichten nicht mehr verfolgen. Zahlreiche Umstände weisen darauf hin, dafs die obere Höhlung vor dem Deckeneinsturz mit Wasser angefüllt gewesen war. Die aus völlig durchsichtigem Eis bestehende Wandung zeigte noch deutlich die Grenze, bis zu welcher das Wasser auf sie eingewirkt hatte, und in der Tiefe der Grube öffnete sich ein grofses Eisgewölbe, auf dessen Boden ein Bach flofs. Vielleicht stand dieses Gewölbe mit anderen höhlenartigen Verzweigungen unterhalb der Gletscheroberfläche in Verbindung; doch konnte man hierüber keine Gewifsheit erlangen, da die Durchforschung des Hohlraumes mit grofsen Gefahren verbunden war.

Etwa 50 m unterhalb der oberen befand sich eine zweite Eisgrube in einer fast vertikal abfallenden Eiswand von 40 m Höhe (Fig. 3). Obwohl die Eiswand mit frisch gefallenem Schnee bedeckt war, so erkannte man sie doch sofort als eine Abbruchfläche des Gletschers, der hier theilweise abgerissen und als Eislawine thalwärts gerollt war. Man konnte durch Ergänzung der fehlenden Eismasse das Gletscherniveau sich leicht so wiederhergestellt denken, wie es vor Eintritt der Katastrophe gewesen war. Nach Vallots Schätzung betrug das Volumen der niedergegangenen Eislawine mindestens 90 000 Kubikmeter.

Auch die Wandflächen dieses unteren Hohlraumes zeigten deutliche Spuren der Wassereinwirkung; er war offenbar vor dem Gletschersturz ebenso wie der höher liegende durch einen intraglacialen

Digitized by Google

See ausgefüllt gewesen. Ueberreste dieses Sees konnte man noch unter den eingestürzten Eismassen sehen. In geringer Entfernung von ihrer Oeffnung verzweigte sich die Höhle in zwei Gänge, welche sich vermuthlich unter den Gletscher fortsetzten und eine Verbindung der unteren Grube mit der oberen vermittelten.

Auf Grund dieses Lokalbefundes giebt nun Vallot folgende Darlegung der Verhältnisse, welche den verhängnifsvollen Gletscherbruch und den Sturz der Lawine herbeiführten.

In den Grundklüften des Gletschers, namentlich an den Stellen, wo sein Bett nach Innen gekrümmt ist, mufste in irgend einer Weise eine Ansammlung des Abschmelzwassers stattgefunden haben. Zunächst wurde dasselbe durch den schmalen Felssaum, der sich am

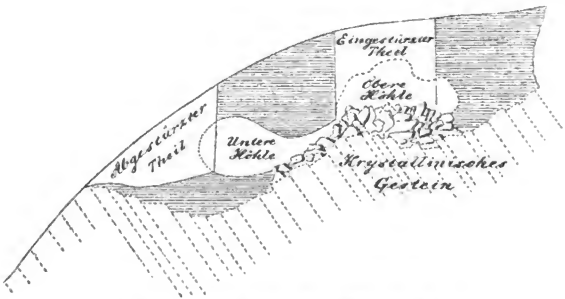


Fig. 4. **Profil durch den Tête-Rousse-Gletscher.**

Gletscherende befindet, zurückgehalten, stieg aber dann bei reichlichem Zuflufs in den Spalten aufwärts und erfüllte die ganz vom Eis umschlossenen Hohlräume (dieselben sind in dem Gletscherprofil, Fig. 4, durch unterbrochene Linien hervorgehoben), welche durch einen im Eise liegenden Kanal nach Art der kommunizirenden Röhren mit einander in Verbindung standen. Jede der beiden Eisgruben mag dabei aus mehreren Grundklüften entstanden sein, die durch das Wasser vereinigt worden sind. Mit Rücksicht auf den Umfang der Hohlräume ergiebt die Schätzung, dafs sich etwa 100 000 cbm Wasser in ihnen angesammelt haben mufs; davon entfallen 80 000 cbm auf den oberen, 20 000 auf den unteren Raum.

Wie sich eine solch enorme Wassermenge in den Gletscher-

Digitized by Google

spalten ansammeln konnte, läfst sich schwer erklären; möglich ist es indefs, dafs eine zeitweise Verstopfung der Abflufsöffnungen den Ablationsgewässern keinen Austritt gestattete. Nach Aussage einiger Leute soll vor dem Lawinensturz das Schmelzwasser viel schwächer geflossen sein, als nachher, ja der Gletscher soll zeitweise intermittirt haben. Arbeiter aus Bionnay versichern, dafs der Abflufs vor dem 12. Juli fast vollständig aufgehört habe.

Am 17. August, nach einer Reihe sehr warmer Tage, betrug der Abflufs kaum mehr als 10 Liter in der Sekunde. Legt man dies als normalen Betrag zu Grunde, so müfsten mindestens 3 bis 4 Monate erforderlich gewesen sein, um den Hohlräumen 100 000 cbm Wasser zuzuführen; diese Wasseransammlung müfste demnach zu Ende des Winters begonnen haben.

Dafs dergleichen Ansammlungen in den Spalten selbst zur Winterszeit stattfinden können, hat nach Vallots Meinung nichts Auffallendes. Man weifs eben nicht, bis zu welcher Tiefe die Winterkälte in den Gletscher eindringt; doch sprechen mancherlei Thatsachen dafür, dafs diese Tiefe nicht beträchtlich sein kann. So berichtet Steenstrup, dafs er in Grönland unter $70\,^1/_2{}^0$ nördlicher Breite in 600 m über dem Meere einen Eisstrom von kaum 30 m Dicke gesehen habe, der die ganze Winterszeit hindurch einen Wasserstrom von sich gab. Aehnliche Zustände sind bei anderen Gletschern, die noch nördlicher liegen, beobachtet worden, ohne dafs man die Existenz heifser Quellen unter dem Eise dafür verantwortlich machen kann. Ganz so mögen die Verhältnisse beim Tête-Rousse-Gletscher gelegen haben.

Unter den erwähnten Umständen läfst sich der Sturz in folgender Weise erklären.

Am Morgen des 12. Juli fiel die Decke des oberen, mit Wasser erfüllten Hohlraumes mit einer Wucht ein, die hinreichend war, um das Wasser mit gewaltigem Stofs durch den Verbindungskanal hindurch in den unteren Raum zu drängen. Der Druck des gepreſsten Wassers in demselben bewirkte eine Sprengung der darüber liegenden Eishülle, sodafs ein Theil des Gletschers in Form einer Eis- und Wasser-Lawine thalwärts rollte. Möglicher Weise kann auch die Sprengung der unteren Höhle durch den Wasserdruck den Anlafs zu dem Deckeneinsturz der oberen gegeben haben.

Einmal in Freiheit gesetzt, stürzte sich die Eis- und Wasser-Lawine auf die rechte Seitenmoräne des Bionnassay-Gletschers, belud sich hier mit Felsblöcken, Geröll- und Schuttmassen und suchte eine

Digitized by Google

tiefe Schlucht in der Nähe von Bionnay auf, die in ihrer ganzen Höhe, 30 bis 35 m hoch, von der wüthenden Fluth ausgefüllt wurde.

Weiter abwärts im Thal des Bon-Nant trat abermals eine Verstärkung des Stromes ein, der sich unmittelbar vor Saint-Gervais durch eine schmale Felsschlucht hindurchwinden mufste. Bei Le Fayet, wo sich die Wassermassen in die Arve ergossen, war die Gewalt der Lawine erschöpft.

Man schätzt das thalwärts geschobene feste Material auf 800 000 cbm, von denen mindestens 600 000 bis in die Ebene von Le Fayet geschafft wurden. Einzelne Blöcke oder richtiger ganze Felsstücke hatten enormen Umfang; in der Nähe von St. Gervais liegt z. B. ein solcher von 200 cbm Inhalt, der bei der Zerstörung der Bäder eine wichtige Rolle gespielt hat. Er stammt aus Bionnay, wie sich nachträglich feststellen liefs. Eisengeräthe aus den Bädern wurden über eine Meile weit bis nach Sallanches geführt.

Dafs 100 000 cbm Wasser 800 000 cbm feste Masse in Bewegung setzen konnten, erscheint auffällig; indessen stehen solche Leistungen des Wassers nicht vereinzelt da, sondern sind bei ähnlichen Anlässen in den Alpen und Pyrenäen schon häufig beobachtet worden.

Herr Vallot bemerkt übrigens am Schlusse des Berichtes, dafs diese Erklärung der Katastrophe nicht allseitig in mafsgebenden Kreisen als stichhaltig anerkannt wird. Prof. Forel, eine bekannte Autorität auf dem Gebiete der Gletscherforschung, bezweifelt die Möglichkeit der Ansammlung so bedeutender Wassermassen in Hohlräumen unterhalb des Tête-Rousse-Gletschers; er meint, dafs hier eine einfache Eislawine vorliege, erzeugt durch den Absturz des Gletscherendes. Die niedergegangene Eismasse, welche er nach Angabe eines Gemsjägers auf $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millionen Kubikmeter schätzt, soll durch den Fall und durch die Reibung auf der Moräne des Bionnassay-Gletschers sich theilweise verflüssigt haben und in diesem Zustande zu Thale gelangt sein. So schwer auch das Urtheil Forels ins Gewicht fällt, so wenig entspricht es doch nach der Ansicht von Vallot den bei der Lokalbesichtigung gefundenen Thatsachen.

Schw.

Die Forschungsreise S. M. S. „Gazelle" in den Jahren 1874 bis 1877 unter dem Kommando des Kapitän zur See Freiherrn von Schleinitz, herausgegeben von dem hydrographischen Amt des Reichs-Marine-Amtes. 5 Bände. Preis 150 M. Berlin 1889. Verlag von Ernst Siegfried Mittler und Sohn.

Der in den siebziger Jahren von den seefahrenden Nationen, namentlich von England und Amerika ausgegangene Gedanke einer systematischen Erforschung der Meere fand bekanntlich in den mafsgebenden Kreisen Deutschlands ein reges Entgegenkommen. Man war überzeugt, dafs der wissenschaftliche Geist innerhalb der noch jungen Kaiserlichen Marine durch Eintreten in die Reihe der auf dem Gebiete oceanischer Forschungen thätigen Nationen zum Vortheil der Entwicklung unserer maritimen Bestrebungen geweckt werden müsse. Aufserdem wurden damals gerade in allen Kulturstaaten Vorbereitungen zur Beobachtung des Ende 1874 stattfindenden Vorüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe getroffen. Auch Deutschland wollte sich daran durch Entsendung verschiedener Expeditionen betheiligen, und sollte denselben durch die Marine eine wesentliche Unterstützung zu theil werden. Die Admiralität stellte S. M. S. „Gazelle" zur Verfügung, welche die Mitglieder der astronomischen Expedition mit ihren Instrumenten und dem gesamten Material um das Kap der guten Hoffnung nach ihrem Bestimmungsort, der Station auf den Kerguelen brachte. Hier sowohl wie auf den Aucklands-Inseln, wo die Gazelle längeren Aufenthalt nehmen mufste, bot sich den Mitgliedern der Expedition Gelegenheit, ihre Zeit im Interesse geophysikalischer Forschungen nach Möglichkeit auszunutzen. In erster Linie war man bestrebt, Material für meteorologische und klimatologische Zwecke und für die erdmagnetische Forschung zu sammeln, dann aber erstreckte sich die Thätigkeit auch auf die Ermittelung der Länge des Sekunden-Pendels, was für die Bestimmung der Erdgestalt wichtige Beiträge liefern mufste, sowie auf die Aufzeichnung der dortigen Gezeitenverhältnisse mittelst selbstregistrirender Pegel, woraus man werthvolle Aufschlüsse über die Fortpflanzungsgesetze der Fluthwelle auf offenem Meere erwarten konnte. Den Offizieren der Gazelle fiel während des Aufenthalts auf den Kerguelen und auf der Weiterreise durch den stillen Ocean die Aufgabe zu, sich vorzugsweise auf dem Gebiete oceanischer Forschungen zu bethätigen, im besondern durch Messung der Meerestiefen, durch Beobachtung der Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grunde, des spezifischen Gewichtes und des Salzgehaltes des Oceanwassers, der Strömungen an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen, durch Sammlung von Wasserproben behufs späterer genauer Analysirung des Meereswassers, und von Grundproben zur Feststellung der mineralisch-geologischen Beschaffenheit des Meeresbodens,

Digitized by Google

sowie durch Studien über die Meeres-Organismen, über Faunen und Floren des Oceans.[1]) Im Interesse der Schifffahrt und des Weltverkehrs wurden Vermessungen und Aufnahmen der Küsten noch unbekannter Gegenden vorgenommen, neue Seestrafsen geprüft u. s. w., und schliefslich wurde durch anthropologische und ethnologische Studien und Sammlungen auch für die Erweiterung der geographischen Kenntnisse gesorgt.

Bald nach der Rückkehr der Gazelle machte sich das Bedürfnifs geltend, das überaus reichhaltige und werthvolle, auf der Reise gesammelte Material in einem einheitlichen Werke zusammenzustellen. Nachdem der Reichstag 1880 die Mittel hierzu bewilligt hatte, wurden die Vorarbeiten für die Publikation zunächst von dem Kommandanten der Gazelle, Kontre-Admiral Freiherrn von Schleinitz und später vom Admiralitätsrath Kapitänlieutenant a. D. Rottok geleitet.

Der erste Band, welcher neben dem Programm und der Beschreibung der Ausrüstungsgegenstände den eigentlichen Reisebericht der Expedition bringt und sich durch Reichhaltigkeit der Illustrationen auszeichnet, dürfte auch über die Kreise der Fachgelehrten hinaus Interesse beanspruchen. In den übrigen vier Bänden sind die wissenschaftlichen Ergebnisse der Expedition auf den Gebieten der Erdphysik, der Meereskunde, der Zoologie und Geologie zusammengestellt. Wir behalten uns vor, in unserer Zeitschrift gelegentlich einen längeren Aufsatz über die Fahrt der Gazelle an der Hand der vorliegenden Publikation zu veröffentlichen. Schw.

Mondkarte in 25 Sektionen und 2 Erläuterungstafeln von Wilhelm Gotthelf Lohrmann. Mit Erläuterungen und selenographischen Ortsbestimmungen unter Mitwirkung von F. W. Opelt und M. Opelt, herausgegeben von Dr. J. F. Julius Schmidt, weiland Direktor der Sternwarte in Athen. Neue wohlfeile Ausgabe. Mit einem Vorworte von H. Ebert. Leipzig 1892. Verlag von Johann Ambrosius Barth (Arthur Meiner). — Preis 25 Mk.

Die Veranstaltung einer neuen Ausgabe des, für die selenographische Forschung epochemachenden, Lohrmannschen Kartenwerkes über den Mond kann der Verlagshandlung, die damit einen erfreulichen Beweis ihres unverminderten Interesses an den seiner Zeit nur mit Ueberwindung ganz erheblicher Schwierigkeiten zur Veröffentlichung gelangten Beobachtungen liefert, nicht hoch genug angerechnet werden, zumal trotz der enormen Herstellungskosten der Preis so aufserordentlich niedrig bemessen worden ist. Lohrmann selbst hat bekanntlich den Abschlufs des ganzen Werkes nicht erlebt; nur 4 Karten konnten noch unter seiner eigenen Leitung fertig gestellt und, zugleich mit zwei Erläuterungstafeln, in der 1824 im gleichen Verlage erschienenen „Topographie der sichtbaren Mondoberfläche", die übrigens in einer Anmerkung, wohl infolge eines Druckfehlers, in das Jahr 1842 verlegt wird, der Oeffentlichkeit übergeben werden; diese 4 Blätter der von Lohrmann in 25 Sektionen geplanten Mondkarte genügten aber vollständig, um die Vorzüge dieser Arbeit gegenüber früheren Versuchen ähnlicher Art erkennen zu lassen und den Wunsch nach einer beschleunigten Beendigung des ganzen Unternehmens rege zu machen. Um so bedauerlicher war es, dafs widrige Verhältnisse tiefbetrübender Art, deren im einzelnen bei anderer Gelegenheit (vergl. Jahrgang I dieser Zeitschrift, S. 569 ff.) eingehender gedacht worden ist, das Erscheinen der übrigen 21 Sektionen bis zum Jahre 1878 verzögerten. Es kann kein Zweifel darüber

[1]) Siehe den Aufsatz von Admiralitätsrath Rottok in diesem Heft.

Digitized by Google

[illegible] infolgedessen Lohrmanns Arbeit einen wesentlichen Theil des [illegible] eingebüfst hat, den sie bei rechtzeitiger Bekanntgabe auf die Entwickelung der Selenographie ausgeübt haben würde; ihre innere Bedeutung, ihr hoher Werth, welcher ihr neidlos allseitig zuerkannt worden ist, blieb [illegible] davon unberührt, dafs inzwischen zwei nicht minder bedeutsame, die Lohrsche Arbeit in manchen Beziehungen überflügelnde Darstellungen der Mondoberfläche (die eine von Mädler, die andere von Schmidt herrührend) das Licht der Welt erblickten.

Es kann hier nicht der Ort sein, im einzelnen auf die Vorzüge der Lohrmannschen Mondkarte einzugehen. Nur soviel sei erwähnt, dafs die von Lohrmann selbst noch vollständig für die Reproduktion mit der Feder ausgearbeiteten Blätter aufserordentlich sorgfältig in Kupfer gestochen worden sind und sich dadurch selbst von den neueren Mondkarten, namentlich auch bezüglich der Treue der Wiedergabe, noch immer sehr zu ihrem Vortheil unterscheiden. Aufser diesen 25 Sektionen, welche zusammengefügt eine Karte der sichtbaren Mondoberfläche von 3 Fufs Durchmesser darstellen würden, enthält der Atlas die bereits erwähnten, ebenfalls in Kupfer gestochenen Erläuterungstafeln, welche die beiden benutzten Instrumente mit ihren Mefseinrichtungen veranschaulichen und überdies zum Verständnifs der für die Mondformationen zur Anwendung gekommenen Darstellungsformen unerläfslich sind. Daneben ist der neuen wohlfeilen Ausgabe dankenswerther Weise auch die, noch von Julius Schmidt herrührende, einschliefslich der Mittheilung der Resultate aus den Lohrmannschen Messungen von besonders wichtigen Fixpunkten auf der Mondoberfläche etwa 50 Druckseiten gr. 4° umfassende, kurze Erläuterung der einzelnen Sektionen beigegeben. Nicht zu unterschätzen ist das handliche Quartformat der einzelnen Blätter, welches den direkten Gebrauch am Fernrohr wesentlich erleichtert, nicht minder endlich der Umstand, dafs das Gradnetz in der erforderlichen Deutlichkeit, ohne dabei den Gesamteindruck im mindesten zu beeinträchtigen, wiedergegeben ist.

Es darf der Wunsch nicht unausgesprochen bleiben, dafs das Bestreben der Verlagshandlung, das äufserst geschmackvoll ausgestattete Werk zu niedrigem Preise nicht nur den Sternwarten und einzelnen Astronomen, sondern auch den übrigen Freunden der Mondforschung zugänglich zu machen, allseitig die rechte Anerkennung und Würdigung erfahren möge. G. W.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Eine Amerikafahrt 1492 und 1892.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania

bearbeitet von

Dr. M. Wilhelm Meyer.[1])

Eine neue Welt wurde entdeckt! Es ist uns heute ganz unvorstellbar, welche Aufregung sich der ganzen Menschheit bemächtigen mufste, als diese märchenhafte Kunde durch die alte Welt ging, die alte, morsche, kleine Welt, die erst eben begann, sich aus den dunklen Wirren mittelalterlicher Beschränktheit mühevoll emporzuarbeiten zu klareren, freieren Anschauungen.

Jahrtausende lang hatte die Menschheit, wo sie, beim alten Egypterreiche beginnend, ihre höchste jeweilige Kulturstufe erreicht hatte, ihre Kenntnifs von der irdischen Welt nicht über jenen, überall innig mit einander zusammenhängenden Länderkomplex von Asien, Afrika und Europa ausgedehnt, in dessen Mitte einstmals die Wiege der Kultur stand.

Zwar hie und da dämmerte wohl in einigen Menschen die vage Vermuthung von unbekannten Ländern jenseits des weltumfassenden Ozeans auf, und zur Griechenzeit redeten Geographen und Dichter — Plato und Diodor nennt uns die Ueberlieferung — von einer wundervollen, grofsen Insel Atlantis, die weit jenseits der Säulen des Herkules, bekanntlich der gegenwärtigen Meerenge von Gibraltar, in jenem unergründlich weiten Westmeere liegen sollte, in dessen Wogen

[1]) Auf vielfach geäufserten Wunsch nach der Veröffentlichung gegenwärtigen Vortrags in unserer Zeitschrift, entschlofs sich der Verfasser, gewisse Bedenken überwindend, zu vorliegender Bearbeitung desselben. Man wird dabei manchen Wiederholungen aus anderen Aufsätzen gegenwärtiger Blätter begegnen. Da jedoch die Darstellungsform in allen diesen Fällen eine vollkommen verschiedene ist, wird man solche Wiederholungen im Zusammenhange mit den übrigen Betrachtungen wohl verzeihlich finden.

Digitized by Google

der Sonnengott, allabendlich hinabtauchend, die strahlenden Rosse umlenkte, um jenseits der Erdscheibe anderen Tages im Osten wieder aufzusteigen. Die Lehre von der Kugelgestalt der Erde, welche einst Pythagoras bereits gelehrt hatte, war ja kaum über den engsten Kreis hervorragender Geister hinausgedrungen.

Nun aber, als etwa seit einem halben Jahrhundert die Menschheit von der wunderbaren Kunst Guttenbergs profitirte und jene Ansicht über den Bau der Welt und unseres irdischen Wohnsitzes allmählich zum Gemeingut gebildeterer Kreise zu werden begann, nun hiefs es, ein praktisches Beispiel, einen unumstöfslichen Beweis von der Kugelgestalt der Welt zu geben; der Welt sage ich, denn die Erde war die Welt in der Anschauung jener Zeit, um welche die Sphären der Sonne und aller übrigen Weltkörper sich zu Nutz und Frommen dieser zentralen Weltkugel zusammenschlossen. Die Lehre des Kopernikus, der damals 19 Jahre zählte, war in dessen Geiste noch nicht geboren.

Die auf dem alten Ptolemäischen Weltsystem basirenden sogenannten Alfonsinischen Tafeln, nach welchen die Oerter der Planeten, Sonnen- und Mondfinsternisse vorher zu berechnen waren, wurden 1488 zuerst gedruckt und der Königin Elisabeth, der Gemahlin Ferdinand des Katholischen, gewidmet. Die verständnifsvolle Frau nahm damals schon regen Antheil an kosmologischen Problemen und sie war es bekanntlich, deren besonderer Initiative die Unterstützung zu danken ist, welche schliefslich nach langen Kämpfen die ehrgeizigen Pläne des Columbus bei der spanischen Regierung fanden. So wurde durch die Drucklegung und Widmung der damals bereits über zwei Jahrhunderte alten, alfonsinischen Tafeln der Boden vorbereitet, auf welchem Columbus weiter bauen konnte.

Wie gährte es damals in der gesamten Menschheit, welche im Begriff war, eine neue Weltanschauung zu gebären! Auf allen Gebieten des Wissens und menschlicher Fähigkeit arbeitete und suchte man mit fieberhafter Erregung; denn überall fühlte man, dafs die alten Ansichten und Zustände morsch und unhaltbar geworden waren, dafs neue an ihre Stelle treten mufsten, deren Auffindung ihren Entdeckern unermefsliche Schätze materieller oder ideeller Art von der erlösten Menschheit eintragen mufste. Das war eine grofse, grofse Zeit, in vieler Hinsicht nach ihren guten und schlechten Seiten hin vergleichbar der unsrigen.

Wenn nun die Lehre von der Kugelgestalt der Erde richtig war, so mufste ja zweifellos das reiche Indien, welches man bis dahin vom Abendlande her nur glaubte erreichen zu können, indem man längs

Digitized by Google

Christoph Columbus.

Nach einem Stiche des 16. Jahrhunderts von De Bry.

Digitized by Google

der Küsten Afrikas hinsegelnd, diesen Erdtheil umschiffte, auch auf westlichem Wege zu erreichen sein, wenn man das westliche Weltmeer durchkreuzte. Hierauf hatte schon vor Columbus der gelehrte italienische Kosmograph Toscanelli aufmerksam gemacht und eine Weltkarte entworfen, auf welcher der asiatische Kontinent sich ganz um die Erde herum, den grofsen Ozean mit einschliefsend, ausdehnte und seine Ostküste etwa an der Stelle angegeben war, wo sich in Wahrheit die Ostküste Amerikas befindet. Toscanelli hatte auf dieser Karte auch den Weg angegeben, auf welchem man vermuthlich am besten dieses Indien erreichen konnte.

Columbus fand dieselbe in dem Nachlasse seines Schwiegervaters, eines spanischen Edelmannes, der ein guter Seemann und Geograph gewesen war. Durch die 1482 stattgehabte Vermählung mit der Tochter dieses Edelmannes, wurde er, der der Sohn eines Wollwebers in Genua war und dort vermuthlich 1446 (es herrscht noch immer eine Unsicherheit von zehn Jahren über seine Geburtszeit) geboren wurde, in Hofkreise vortheilhaft eingeführt. Er fafste wahrscheinlich bereits 1483 den ersten Plan zu seiner Reise, mufste aber viele Abweisungen über sich ergehen lassen, da seine Forderungen für den Fall der glücklichen Entdeckung als allzu exorbitante angesehen wurden. Er verlangte zunächst die Erhebung in den Adelstand, die Würde eines Admirals des atlantischen Meeres, Macht und Titel eines Vizekönigs der zu entdeckenden Länder, den zehnten Theil aller Einkünfte aus denselben und endlich das Recht, sich mit dem achten Theile an allen transatlantischen Handelsgeschäften betheiligen zu können. Dank der unbeugsamen Energie des Columbus bewilligte ihm dennoch am 17. April 1492 die Königin Elisabeth alle diese Forderungen, und am 13. Mai ist er bereits in Palos mit den Vorbereitungen zur Expedition beschäftigt. Aufser durch die Auffindung der Karte des Toscanelli wurde Columbus auch durch die Erzählungen von Seeleuten auf das Vorhandensein gröfserer Ländermassen im Westen hingewiesen, denen zufolge von Menschenhand seltsam zugeschnittene Holzstücke, fremdländische Fichtenstämme, ja selbst Leichen einer bis dahin unbekannten Menschenart von jenseits der Azoren hergeschwemmt worden seien.

Paolo Toscanelli lebte von 1397 bis 1482 in Florenz und war eigentlich Arzt, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit astronomischen und kosmographischen Fragen. Besonders trat er gegen den Unfug der astrologischen Prophezeiungen auf und pflegte sich selbst als lebendigen Beweis ihrer Unzuverläfsigkeit anzuführen, da

Digitized by Google

ihm ein kurzes Leben vorhergesagt worden war, während er zu hohem Alter gedieh. Sein Andenken lebt heute noch in Florenz, wo in dem wundervollen Dome Maria dei Fiori der grofse Gnonom gezeigt wird, den er dort anbringen liess.

Die genau westlich verlaufende Linie, mit welcher Toscanelli den vermuthlichen Weg nach Indien auf seiner Karte vorgezeichnet hatte, begann bei den kanarischen Inseln. Unzweifelhaft ist also Toscanelli als der eigentliche geistige Entdecker Amerikas zu feiern, denn Columbus wurde erst durch diese Karte auf den Gedanken gebracht, diesen Weg wirklich zu gehen und hat ihn auch, so weit es in seiner Macht stand, auf seiner ersten Entdeckungsreise verfolgt.

Ehe wir nun auf diese denkwürdige Reise zurückblicken, sei eine Bemerkung hier eingefügt, welche sich auf die Tüchtigkeit des Columbus als Seemann bezieht. Man hat dieselbe bekanntlich so stark in Zweifel gezogen, dafs man seine Entdeckung schliefslich nur als ein aufserordentliches Glück des Zufallsspiels hinstellte. Ganz gewifs war auch Columbus kein besonders hervorragender Seemann, wie man ihm überhaupt aufserordentliche oder geniale Geistesgaben aufser seiner unerschütterlichen Energie nicht nachzurühmen vermag. Aber zur Ausführung dieser grofsen Entdeckung gehörte eben in erster Linie nur Thatkraft und Unerschrockenheit, welche vor ihm niemand in diesem Mafse besessen hatte. Die nothwendige geistige Vorarbeit war längst geschehen. Columbus war jedoch zweifellos im stande, geographische Breitenbestimmungen zur See zu machen und bestimmte auch die geographische Länge aus einer beobachteten Mondfinsterniss. Hierzu benutzte er höchst wahrscheinlich die 1474 oder 1475 im Drucke erschienenen astronomischen Tafeln des Regiomontan (Johannes Müller von Königsberg), welche für die Jahre 1475—1506 die Mondfinsternisse vorausberechnet enthielten, und zwar waren dieselben gegen die bereits vorhin erwähnten alfonsinischen Tafeln, entsprechend den inzwischen aufgetretenen Differenzen, welche sich für Mondfinsternisse damals bereits auf eine volle Stunde beliefen, nach der Beobachtung wesentlich verbessert. Columbus verwendete also Hülfsmittel, die einem seemännisch und wissenschaftlich ungebildeten Menschen nicht zugänglich gewesen wären.

Offenbar wurde er aber auch vom Glücke ganz besonders begünstigt, wie das bei grofsen Entdeckungen und Erfindungen ja die Regel zu sein pflegt. Hätte er beispielsweise den gegenwärtig üblichen Seeweg nach Amerika gewählt, d. h. wäre er viel nördlicher

Digitized by Google

gefahren, wie das ja nach der Karte des Toscanelli und namentlich auch wegen des kleineren Umfanges der nördlicheren Parallelkreise am praktischsten gewesen wäre, so hätte er in die Region der veränderlichen Westwinde gerathen müssen, die hier im September und Oktober wüthen. Nach der Breite geordnet ergiebt sich folgende Uebersicht für die Herbstmonate:

25° — 30° N.	haben	9	Sturmtage,
30 — 35	„	22	„
35 — 40	„	32	„
40 — 45	„	36	„
45 — 50	„	29	„

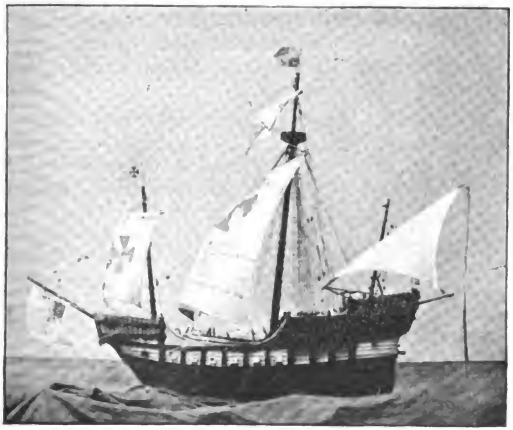
Auf dem Wege des Columbus, welcher unweit des 25. Parallelkreises lag, findet also im Herbst das Minimum der Stürme, auf den gegenwärtigen Dampferwegen dagegen das Maximum statt, da dieselben zwischen 40 und 50 Grad liegen.

Jene drei kleinen Fahrzeuge, von denen wir ein Abbild in unserm letzten Oktoberhefte gaben, waren es, welche dem kühnen Entdecker nach neunjährigen unermüdlichen Verhandlungen von der spanischen Regierung überwiesen wurden, um mit ihnen das unbekannte Weltmeer zu durchkreuzen. Ein wie kühner Entschlufs dies war, das können wir heute garnicht mehr nachfühlen. Man bedenke, dafs bis dahin kein Seefahrer des zivilisirten Abendlandes es gewagt hatte, sich jemals auf mehr als ganz kurze Zeit aufser Sicht des Landes zu begeben. Es fehlten ja noch alle Erfahrungen und zuverlässigen Hilfsmittel der Orientirung auf offener See. Der Kompafs war allerdings schon bekannt und zeigte den Schiffern ihren geraden Weg; auch verstand man es, durch einfache Vorrichtungen die Geschwindigkeit des Schiffes ungefähr zu bestimmen. Ging also die Fahrt glatt, so konnte man, mit Hilfe des Kompasses dieselbe Richtung stets innehaltend, durch Aufzeichnung der zurückgelegten Meilenzahl auf einer Karte, wohl ungefähr den Ort angeben, auf welchem man sich befinden mufste, selbst wenn das Land einmal nicht in Sicht war. Endlich wufste man ja selbst bereits im Alterthume, dafs der Polarstern sich um so höher über den Horizont erhebt, je weiter man sich nach Norden begiebt. Man konnte also die geographische Breite durch einfache Winkelmessung der Polarsternhöhe in roher Weise bestimmen, wozu meistens das primitive Astrolabium angewendet wurde. Die Messung geschah natürlich mit freiem Auge, da bekanntlich das Fernrohr erst mehr als ein Jahrhundert nach der Entdeckung Amerikas erfunden wurde. Mit diesen Hilfsmitteln waren Fehler bis zu fünf

Digitized by Google

Breitengraden, gleich 75 geographischen oder dreihundert See-Meilen, keine Seltenheit. Und nun gar, wenn ein Sturm das Schiff verschlug, das mufste demselben sicheres Verderben bringen.

In diese Schrecknisse des offenen Meeres verwegenen Muthes aus freiem Willen hineinzusteuern, wo der stets rege Aberglaube des Seemannsvolkes die abenteuerlichsten Gefahren hinverlegt hatte, Wochen, Monate lang auf unbekannter Fährte, wohin sich keine Menschenseele bisher gewagt hatte, einem unbekannten Lande entgegen, dazu ent-



Die Santa Maria.
Photographie des von Bähr in der Urania nach der hypothetischen Reconstruktion von Rafael Monleon hergestellten Modelles.

schlossen sich diese heroischen Menschen, und ein nicht zu gering anzuschlagender Triumph der felsenfesten Energie des Columbus mufs es genannt werden, dafs es ihm gelang, 120 Menschen zu finden, die mit ihm das Wagnifs unternahmen.

Auf dem gröfsten der drei Schiffe, der Santa Maria, schiffte sich Columbus selbst ein. Die beiden anderen, die Pinta und die Niña, wurden von den Brüdern Pinzon befehligt, gewiegten Seeleuten, die sich ihm angeschlossen hatten.

Und nun geht es mit vollen Segeln verwegen hinaus in die grenzenlose Wasserwüste! Was wird ihnen die Zukunft bringen?

Digitized by Google

Die meisten, welche sie damals hinaussegeln sahen, werden einen Strich durch das Buch ihres Schicksals gemacht haben; denn als am 3. August 1492 diese Schiffe aus dem Hafen von Palos, welcher unweit von Cadix liegt, hinausliefen, werden wohl nur wenige geglaubt haben, dafs man diese kühnen Menschen jemals wiedersehen würde.

Was nun auf offener See geschah, welche Beobachtungen dort angestellt wurden, wie die Stimmung des Führers und der Mannschaft wechselte, darüber hat Columbus selbst ein ausführliches Tagebuch geschrieben, aber leider sind uns nur aus zweiter oder dritter Hand Auszüge daraus überkommen. Das Original ist verloren gegangen. So kommt es, dafs wir über diese wichtigste aller Entdeckungen, was die Einzelheiten betrifft, nur Nachrichten besitzen, die fast nach allen Seiten hin angezweifelt werden können.

Nur Folgendes läfst sich hierüber mit einiger Bestimmtheit sagen, das uns interessiren kann.

Columbus nahm zunächst seinen Weg nach Südwesten, um die Kanarischen Inseln zu erreichen, wo, wie schon gesagt, die Trace des Toscanelli begann. Dort angekommen, mufste eines der Schiffe ausgebessert werden, das bereits auf dieser kurzen Strecke bedenklichen Schaden erlitten hatte. Es wurde auch das ganze System der Takelung umgearbeitet. Dieser Zwischenfall beunruhigte jedoch die wagehalsigen Unternehmer nicht weiter. Sie stachen am 6. September in See, um nun endgültig die alte Welt zu verlassen.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Das Meer, seine Erforschung und deren Ergebnisse.

Von Admiralitätsrath **Rottok** in Berlin.

(Schlufs.)

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts und der Zusammensetzung des Seewassers ist es erforderlich, Wasserproben aus verschiedenen Tiefen zu schöpfen. Die hierzu verwendeten Apparate müssen so eingerichtet sein, dafs das in bestimmter Tiefe geschöpfte Wasser sich beim Aufholen nicht mit dem Wasser anderer Schichten mischt. Bei geringen Tiefen wird häufig eine mit einem Kork verschlossene Flasche benutzt, die durch eine am Korken befindliche Leine in der bestimmten Tiefe geöffnet und sodann, nachdem sie sich mit Wasser gefüllt, möglichst schnell aufgeholt wird.

Die älteren, für gröfsere Tiefen verwendeten Schöpfapparate bestehen aus einem Gefäfs mit Ventilen, die, beim Hinablassen durch den Wasserdruck offen gehalten, beim Wiederaufholen sich schliefsen. Auf den grofsen Forschungsreisen hat sich ein neuer, von Meyer konstruirter Schöpfapparat, welcher durch die Figuren 10 bis 12 dargestellt ist, gut bewährt. Auf vier metallenen Rundstäben A gleitet ein Messingzylinder B auf und ab. Am unteren Theil sind zwischen den Rundstäben in entsprechender Entfernung von einander 2 Metallplatten a mit konischen Randflächen befestigt, welche genau in die beiden ebenso abgeschliffenen Bodenflächen des Zylinders passen, so dafs der letztere, wenn er über dieselben gleitet, fest abgeschlossen ist. (Fig. 11). Ein aus Stange und Platte bestehender Untersatz c verhütet das zu tiefe Einsinken des Apparates in den Meeresboden und soll das Aufstossen auf Steine unmöglich machen. Beim Versenken des Apparates mittelst der Lothleine wird der Cylinder oberhalb der Bodenplatten aufgehängt, und zwar beim Hinablassen auf den Grund mittelst Schnur über einem an der Leine befestigten Haken F; beim Aufstossen auf den Meeresboden dreht sich infolge Schlaffwerdens der Leine der Haken, die Schnur gleitet von demselben ab und der Zylinder sinkt abwärts über die Bodenplatten, wodurch das zwischen

Digitized by Google

denselben befindliche Wasser eingeschlossen wird. (Fig. 11). Soll aus irgend einer mittleren Tiefe Wasser geschöpft werden, so wird der Zylinder mittelst zweier Oesen an 2 Zapfen h (Fig. 12) einer an der Leine angebrachten Platte aufgehängt; über die Zapfen greift an der Innenseite der Oesen eine über die Leine gestreifte elastische Gabel G mit ihren Enden; hat der Apparat die gewünschte Tiefe erreicht, so wird ein Laufgewicht K an der Leine hinabgelassen, durch dasselbe die Gabel auseinander gespreizt, die Oesen von den Zapfen gestreift und der Zylinder gleitet wie vorher abwärts.

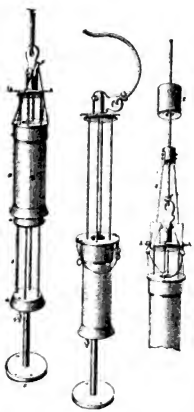


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Das geschöpfte Wasser wird entweder gleich an Bord untersucht oder behufs späterer Prüfung in den Laboratorien an Land in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt. Der Salzgehalt oder das spezifische Gewicht des Wassers wird entweder mittelst Aräometers direkt bestimmt, oder es wird auf chemischem Wege der Chlorgehalt ermittelt und aus diesem, welcher zu dem Salzgehalt des Seewassers in einem nahezu konstanten Verhältnifs steht (der Salzgehalt beträgt das 1,81 fache des Chlorgehalts), der letztere abgeleitet. An Bord ist erstere Methode ihrer Einfachheit wegen die gebräuchliche.

Im Seewasser sind bis jetzt 32 chemische Grundstoffe nachgewiesen worden. Die Hauptbestandtheile des Seesalzes, welches dem Wasser den eigenthümlich salzigbitteren Geschmack verleiht, bilden Chlornatrium, Chlormagnesium, Magnesiumsulfat (Bittersalz), Calciumsulfat (Gips) und Chlorcalcium. Der Salzgehalt ist abhängig von der Verdunstung, der Eisbildung, den Niederschlägen und der sonstigen Süfswasserzufuhr. Im offenen Ozean ist er sehr konstant und nur geringen Schwankungen unterworfen; er beträgt hier 3,376 pCt. bis 3,764 pCt., das spezifische Gewicht entsprechend 1,025 bis 1,028. In Binnen- und Küstengewässern finden sich infolge der Süfswasserzuflüsse, stärkerer Verdunstung und anderer lokalen Einflüsse gröfsere Differenzen. Die horizontale Vertheilung des Salzgehaltes ist aus ähnlichen Gründen in der Tiefe eine gleichmäfsigere als an der Oberfläche. Im offenen Ozean ist der Salzgehalt des Oberflächenwassers

Digitized by Google

am gröfsten in den Gebieten der trockenen Winde, also in den Passatzonen, am geringsten in den aequatorialen Kalmengebieten mit starken Niederschlägen. Von der Oberfläche nach der Tiefe nimmt der Salzgehalt im allgemeinen ab und zwar bis zur Tiefe von 1500—1800 m, um dann bis zum Meeresboden wieder zuzunehmen.

An Gasen sind hauptsächlich Luft und Kohlensäure im Wasser enthalten. Die Luft unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung jedoch von derjenigen der Atmosphäre; während die letztere 20,9 pCt. Sauerstoff und 79,1 pCt. Stickstoff enthält, wird die Luft des Seewassers aus 34,9 pCt. Sauerstoff und 65,1 pCt. Stickstoff gebildet. Der Sauerstoffgehalt ist geringen Schwankungen unterworfen und nimmt mit der Tiefe gewöhnlich ab, woraus auf ein reiches Thierleben daselbst geschlossen worden ist.

Die Farbe des Wassers im Ozean, über welche Beobachtungen mit Zuhilfenahme einer zusammengestellten Farbenskala stattfinden, ist blau bis grün, während das Seewasser in kleinen Mengen und im durchgehenden Licht wie das Süfswasser völlig klar und farblos erscheint. Es scheinen hiernach die blauen Lichtstrahlen vom Meerwasser reflektirt, die übrigen rothen und gelben absorbirt zu werden. Die verschiedenen Nüanzirungen zwischen blau und grün sind von dem Salzgehalt, der Temperatur, der Tiefe, der Beschaffenheit des Meeresbodens, sowie etwaigen Beimengungen des Wassers abhängig. Je gröfser der Salzgehalt und je höher die Temperatur, desto tiefer blau ist es im allgemeinen gefärbt; mit der Abnahme beider erblafst das Blau und geht in Grün über. Auch in Gewässern mit geringer Tiefe, und besonders bei hellem, kalkigem oder sandigem Grunde ist die grüne Farbe vorherrschend. Die schmutzig braune oder gelbe Färbung, wie man sie hauptsächlich in und vor Flufsmündungen und in Häfen trifft, rührt von mechanischen Beimengungen und Verunreinigungen des Wassers, entweder durch die schlammigen Bodenbestandtheile, oder durch die von den Flüssen mitgeführten Massen her. Nicht selten giebt eine grofse Menge im Meere treibender, kleiner thierischer oder pflanzlicher Organismen demselben auf weite Strecken eine eigenthümliche Färbung, die oft genug den Seemann Klippen und Untiefen haben fürchten lassen. So beobachtete das deutsche Kriegsschiff Vineta im Japanischen Meere eine eigenthümlich gelbe Färbung des Wassers, welche sich in langen Streifen weithin erstreckte, und fand, dafs dieselbe von gelben Samenkapseln einer Pflanze herrührte. Montagne sah im Jahre 1845 gegenüber der Tajo-Mündung

Digitized by Google

8 km lange, blutrothe Streifen einer Algenart (Protococcus Atlanticus), in denen 40000 Individuen auf einem Quadratmillimeter sich befanden.

Ebenso ist das Meerleuchten, jene oft so grofsartige Erscheinung, welche das Meer in ein auf unabsehbare Flächen funkelndes und glitzerndes Feuermeer verwandelt, und das wie durch Flammen gleitende Schiff mit hellem Silberschein erleuchtet, auf thierische Organismen zurückzuführen. Nachdem festgestellt ist, dafs eine gröfsere Anzahl von Seethieren, zum Theil von mikroskopischer Kleinheit, das Vermögen, mit phosphoreszirendem Licht zu leuchten, besitzen, wurden alle früheren Erklärungen, welche die Ursache des Meerleuchtens in einem spezifischen Leuchtstoff, in der Insolation, Elektrizität, der Anwesenheit von Phosphor u. a. suchten, hinfällig. Die Leuchtorgane befinden sich bei den verschiedenen Thieren in sehr verschiedenen Körpertheilen; selten leuchtet das ganze Thier. Die Farbe des entsendeten Lichts ist vorwiegend weifs und bläulich, seltener grün, gelb oder roth. Meistens wird das Leuchten durch mechanischen Reiz auf die Thiere hervorgerufen resp. verstärkt, daher die schönsten Erscheinungen auf den Wellenkämmen und im bewegten Wasser beobachtet werden; mit dem Tode des Thieres hört das Leuchtvermögen auf.

Die Durchsichtigkeit des Meerwassers wird durch Versenken von hellen Scheiben gemessen, indem man die Tiefe feststellt, in welcher diese dem Auge verschwinden. Die Resultate, welche man hierdurch erhalten hat, lauten sehr verschieden, und schwanken zwischen 2 und 145 m. Die neuesten zuverlässigen Beobachtungen ergaben als gröfste Tiefe, bis auf welche die Scheiben erkennbar blieben, 40—55 m; frühere Angaben von 100 m scheinen auf optischen Täuschungen zu beruhen. Die Verschiedenheit der Resultate findet ihren natürlichen Grund in der Unsicherheit der angewendeten Methode. Die Eintauchungstiefe der Scheiben bis zum Verschwinden ist nämlich nicht nur von der Gröfse und Beschaffenheit derselben, sondern auch von dem Auge und der Individualität des Beobachters, der Beleuchtung und dem Stande der Sonne, dem Zustand der Atmosphäre und der Meeresoberfläche abhängig. Durch Verunreinigung und Trübung des Wassers wird selbstverständlich, ebenso wie durch eine bewegte Oberfläche, die Sichtweite beeinträchtigt. Dieser unsicheren Methode gegenüber hat man in neuerer Zeit die Eindringungstiefe des Lichtes in die Tiefen des Meeres auf einem objektiveren Wege zu bestimmen versucht, indem photographisch präparirte Platten versenkt und in der Tiefe den Wirkungen des eindringenden Lichtes ausgesetzt wurden.

Digitized by Google

Forel fand auf diese Weise im Genfer See im Sommer eine Eindringungstiefe bis zu 45 m, im Winter bis zu 100 m. Fol und Sarasin dagegen stellten um die Mittagszeit bei Nizza noch eine Lichtwirkung in 400 m Tiefe fest, Petersen bei gröfserer Entfernung von der Küste in 550 m. Die so gefundenen Eindringungstiefen gelten natürlich nur für die chemisch wirksamen, d. h. die violetten und ultravioletten Strahlen des Lichtspektrums, während die rothen und ultrarothen Wärmestrahlen schon in geringeren Tiefen absorbirt werden.

Die Meereswellen. Die übertriebenen Vorstellungen, welche über die Dimensionen der Wellen vielfach herrschten und theilweise jetzt noch nicht ganz verdrängt sind, lassen sich durch eine Reihe an Bord angestellter Beobachtungen richtig stellen. Dieselben erstrecken sich auf die Feststellung der Höhe, Länge, Geschwindigkeit und Periode der Wellen. Unter Höhe versteht man den Niveauunterschied zwischen Wellenkamm und Wellenthal, unter Länge den horizontalen Abstand von Wellenkamm zu Wellenkamm, und unter Periode das Zeitintervall, welches verstreicht, bis ein Wellenkamm denselben Ort erreicht wie der vorhergehende. Die Höhe der Wellen wird am einfachsten dadurch bestimmt, dafs man, wenn sich das Schiff im Wellenthal befindet, am Mast emporsteigt, bis man in der Visirlinie der nächsten Wellenkämme den Horizont sieht; die leicht festzustellende Augeshöhe des Beobachters ist dann gleich der Wellenhöhe. — Die Bestimmung der Wellenhöhe durch die Standdifferenzen eines sehr empfindlichen Aneroidbarometers, wenn sich das Schiff im Thal und auf dem Kamm der Welle befindet, hat keine besseren Resultate ergeben als die erstere Methode.

Die Geschwindigkeit der Wellen wird ermittelt durch Beobachtung der Zeit, welche eine Welle zum Zurücklegen einer bestimmten, am Schiff abgemessenen Distanz gebraucht; natürlich mufs hierbei die Geschwindigkeit des Schiffes selbst und seine Bewegungsrichtung berücksichtigt werden. Die Wellenlänge ergiebt sich aus der Zeit, welche zwischen dem Passiren zweier auf einander folgenden Wellenkämme an ein und derselben Stelle des Schiffes verfliefst, und der ermittelten Geschwindigkeit, ebenfalls unter Berücksichtigung der Eigenbewegung des Schiffes. — Die Periode schliefslich ist gleich dem Quotienten aus Länge und Geschwindigkeit.

Die mächtigsten Wellen entstehen dort, wo ein kräftiger Wind beständig über eine weite Meeresfläche weht, wie dies namentlich in dem Gebiete der Westwinde auf hohen südlichen Breiten der Fall ist; die Challenger fand hier eine Maximal-Höhe von 7 m, die Novara von

Digitized by Google

9 und 11 m, Scoresby 12,2 m. Der französische Lieutenant Paris berechnete aus 4000 Beobachtungen für das südatlantische Westwindgebiet im Mittel eine Höhe von 4 m, in allen übrigen Regionen des Atlantischen, Indischen und Stillen Ozeans von 2 bis 3 m; seine gröfste beobachtete Höhe betrug 11,5 m. — Ueber die Wellenlänge geben vereinzelte Beobachtungen 300 bis 400 m an; Lieutenant Paris erhielt als Mittel aus seinen vielen Beobachtungen für das bezeichnete südliche Westwindgebiet 133 m. Für dasselbe Gebiet giebt er eine Wellengeschwindigkeit von 14 m in der Sekunde an, während sie im Uebrigen nach seinen Beobachtungen meist zwischen 11 und $12^1/_2$ m liegt, demnach gröfser ist als die Geschwindigkeit der schnellsten Postdampfer.

Die Meeresströmungen sind nicht nur für die Schifffahrt von grofsem Interesse, sondern haben auch für die klimatischen Verhältnisse, die Wärmevertheilung, Nebel und Niederschläge grofser Küstengebiete eine besondere Bedeutung. Schon frühzeitig mufste man sich dieser Bedeutung bewufst werden und sich die Erforschung der Strömungen angelegen sein lassen. Bei dem grofsen Arbeitsfelde und dem verhältnifsmäfsig spärlichen und mangelhaften Beobachtungsmaterial war diese Aufgabe keine leichte, und erst mit der Zeit konnte durch die Gesamtheit vieler Beobachtungen ein richtiges Bild von den grofsen Wasserbewegungen der Ozeane zusammengestellt werden. Ebenso schwierig war es, den Zusammenhang und die Ursachen der mannigfachen Stromläufe zu erkennen. Lange Zeit hindurch sah man in dem Unterschiede der Temperaturen und Dichtigkeiten des Wassers das Hauptagens der Strömungen. Während Kepler und Kant die Erklärung der aequatorialen Strömungen in der Axendrehung der Erde fanden, führte bereits Leonardo da Vinci die meridionalen Strömungen auf den Wärmeunterschied zwischen den äquatorialen und polaren Gewässern zurück, welcher ein Abfliefsen des leichteren Oberflächenwassers vom Aequator nach den Polen zu bewirkt und zum Ersatz dieses Wassers eine umgekehrte Bewegung in der Tiefe von den Polen zum Aequator. Durch neuere Untersuchungen und Studien ist jedoch der Beweis geliefert, dafs thermische und gravitatorische Differenzen Bewegungen in so gewaltigem Mafsstabe nicht erzeugen können, dafs vielmehr in den Winden in erster Linie die Erreger und die Ursache der Strömungen zu suchen sind; gleichwohl darf den Temperatur- und Dichtigkeitsunterschieden, ebenso wie der Rotation der Erde ein Einflufs auf die Strömungen nicht abgesprochen werden.

Digitized by Google

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier ein detaillirtes Bild der Meeresströmungen zu entwerfen; nur in groben Zügen möge ihr Verlauf skizzirt werden zur Erhärtung der letztgenannten Theorie.

In allen Ozeanen finden wir in der Aequatorialgegend infolge der Passatwinde eine Strömung von Ost nach West (Aequatorialströmung), welche auf die Ostküsten der Kontinente stofsend, nach Norden und Süden umbiegend, diesen Küsten folgt. Durch die Rotation der Erde tritt eine allmähliche Abschwenkung dieser nun meridional gerichteten Wasserläufe ein, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links, bis dieselben in die unter dem Einflufs der Westwinde auf den höheren Breiten erzeugten, von Westen nach Osten die Ozeane durchquerenden Strömungen zum gröfsten Theil übergehen. Bei dem Anprall der letzteren an die Westküsten der Kontinente findet wiederum eine Ablenkung derselben statt und ein Theil fliefst, den Konturen des Landes folgend, wieder dem Aequator zu. In allen Ozeanen prägt sich also ein vollkommener Kreislauf aus, der auf der nördlichen Halbkugel im Sinne der Bewegung des Zeigers einer Uhr, auf der südlichen Hemisphäre in entgegengesetzter Richtung stattfindet.

Zur Bestimmung des Stromes werden in erster Reihe schwimmende Körper verwandt, indem man dieselben von einem festen Punkte, einem verankerten Schiff oder Boot aus mit dem Strome treiben läfst und den während einer bestimmten Zeit von denselben zurückgelegten Weg nach Entfernung und Richtung feststellt. Gewöhnlich wird hierzu das zur Bestimmung der Fahrt eines Schiffes dienende Schiffslog benutzt, aus einem Holzsektor und daran befestigter Leine bestehend, welches bereits früher in dieser Zeitschrift (Jahrg. III S. 248 u. f.) genauer beschrieben ist.

Ein weiteres, allerdings weniger genaues Mittel bieten Treibkörper, die entweder durch Zufall in das Meer gelangt sind, wie Holz, Früchte und andere Pflanzentheile, oder Flaschen, die mit Sand beschwert und gut verschlossen von einem Schiffe auf See über Bord gesetzt werden. Beim Wiederauffinden der Flasche läfst der in derselben befindliche Zettel mit Angaben über Zeit und Ort, wo dieselbe über Bord geworfen, den mit Hülfe der Meeresströmung von der Flasche zurückgelegten Weg berechnen. Auch von diesen, den sogen. „Flaschenposten“ ist an anderer Stelle eingehender die Rede gewesen.

Auf See giebt der Unterschied zwischen dem Wege, welchen ein Schiff nach astronomischen Ortsbestimmungen und demjenigen, welchen es nach Kompafs und Log zurückgelegt hat, einen guten Anhalt über

Digitized by Google

den Strom. Täglich pflegt nämlich die Position des Schiffes sowohl astronomisch, als nach Kurs und Fahrt von dem letzten astronomisch bestimmten Punkte ausgehend, festgelegt zu werden; findet sich zwischen beiden ein Unterschied, so wird dieser Unterschied der Wirkung des Stromes zugeschrieben. Es ist klar, dafs auch diese Strombestimmung nicht einwandsfrei ist, dafs ungenaues Steuern, Störungen des Kompasses, wie sie bei eisernen Schiffen nicht ganz zu vermeiden sind, Fehler in der Fahrtmessung oder in der astronomischen Ortsbestimmung, die Wirkung von Wind und Seegang auf das Schiff (Abtrifft), an dem genannten Besteckunterschied, der lediglich als Stromversetzung angesehen wird, einen gröfseren oder geringeren Antheil haben können.

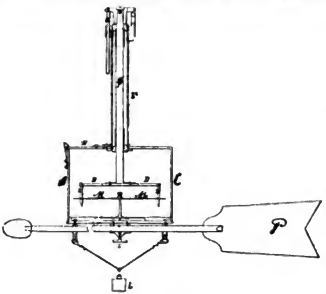


Fig. 13.

Bei einer grofsen Anzahl von Beobachtungen darf man jedoch annehmen, dafs die erwähnten Fehler sich ausgleichen, und man aus allen zusammen ein einigermafsen zuverlässiges Resultat erhält.

Weniger einfach als an der Oberfläche bestimmt sich der Strom in der Tiefe. Auch hierzu verwendet man Treibkörper, die, in die Tiefe versenkt, von einem an der Oberfläche schwimmenden Holzklotz oder ähnlichen Gegenstand getragen werden.

Der von dem französischen Physiker Aimé konstruirte Stromzeiger (Fig. 13) besteht aus einem windfahnenähnlichen Pfeil P, der unter einem Cylinder C befestigt, horizontal in die Tiefe gelassen wird. Im Innern des Cylinders bewegt sich eine horizontal schwingende Magnetnadel M, und über derselben befindet sich eine durch Führungsstange F auf und nieder zu bewegende Platte D mit Zahneinschnitten z. Nachdem sich der Pfeil in der Tiefe in Richtung des Stromes eingestellt, wird die Platte mit ihren Zähnen über die Magnetnadel gestreift, die letztere dadurch festgestellt, und somit der Winkel zwischen Pfeil und Magnetnadel, also die Stromrichtung, fixirt.

Auch zur Bestimmung der Stromgeschwindigkeit in der Tiefe sind besondere Apparate konstruirt, wie der Geschwindigkeitsmesser von Amsler-Laffon und von Arwidson. Bei dem ersteren stellt sich ein in die Tiefe versenkter Schraubenflügel mittelst eines

Digitized by Google

auf seiner Axe befindlichen Steuers auf den Strom ein und wird durch denselben in rotirende Bewegung gesetzt. Die Umdrehungsanzahl desselben, welche in bestimmtem Verhältnifs zur Stromgeschwindigkeit steht, wird mittelst einer auf der Axe der Schraube befindlichen Schnecke auf ein Zählwerk übertragen; das Zählwerk steht mit einer elektrischen Leitung in Verbindung, durch welche es nach Zurücklegung von je 100 Umdrehungen dem Beobachter ein Signal giebt und denselben somit in den Stand setzt, die Stromgeschwindigkeit hiernach zu berechnen.

Der Arwidsonsche Apparat beruht auf dem Prinzipe des Robinsonschen Schalenkreuzes, welches in der Tiefe unter dem Einflusse des Stromes in Bewegung gesetzt und wieder arretirt werden kann, und dessen Umdrehungen ebenfalls auf ein Zählwerk übertragen werden.

Das Thierleben des Meeres ist ein so reiches, sowohl nach der Zahl der Arten als der Individuen, von den primitivsten Formen bis zu einem hohen Entwickelungsstadium, dafs es nicht möglich ist, hier näher darauf einzugehen. Das Gedeihen der Seethiere ist von der Temperatur und dem Salzgehalt des Wassers, dem eindringenden Lichte, der im Wasser vorhandenen Luft und Nahrung abhängig.

Wie für jedes organische Leben, so ist auch für die Thiere des Meeres eine gewisse Wärme- und Luftmenge nothwendig; mit der Zunahme beider steigt bei Erfüllung der übrigen Lebensbedingungen der Reichthum an Thieren. Infolge dessen sind die Aequatorialgegenden reicher bevölkert als die höheren Breiten, die oberen Wasserschichten mehr als die unteren. Mit der Tiefe tritt eine schnellere Abnahme ein, da gleichzeitig mit der Verringerung der Wärme und der Luft die Lichtabnahme und die Vermehrung des Wasserdrucks ungünstig auf das Leben der Thiere einwirken. Die frühere Annahme, dafs in grofsen Tiefen die Luft fehle, ist durch die neueren Untersuchungen widerlegt worden, welche dargethan haben, dafs selbst in den gröfsten Tiefen Luft genug vorhanden ist, um den dort allerdings spärlich lebenden Individuen den nöthigen Sauerstoff zu liefern. Das Licht hat, wenn zum Leben auch nicht absolut nothwendig, doch auf die Entwickelung der Thiere, sowie namentlich auch auf die Farbe derselben, einen grofsen Einflufs; je weniger Licht, desto niedriger die Entwickelung; die Sehorgane werden verkümmert und fehlen oft ganz. Die Färbung der Thiere ist beim Mangel von Licht matt und wird mit der Zunahme desselben lebhafter und glänzender. In den tropischen Zonen und an der Wasseroberfläche findet sich daher ein

Digitized by Google

gröfserer Farbenreichthum als in den kälteren Regionen und in der Tiefe. Während an der Oberfläche des Meeres violette und blaue Thiere vorkommen, folgen nach der Tiefe zu die grünen und braunen, und weiter unten die rothen und bleichen Thiere; am Meeresgrund nehmen sie die Farbe des Bodens an.

Wie die Luft, so ist auch der Salzgehalt für fast alle Seethiere ein Lebensbedürfnifs, daher nimmt im allgemeinen mit der Zunahme des Salzgehaltes bis zu einer gewissen Grenze auch die Menge der Thiere zu, bei noch gröfserer Zunahme des ersteren dagegen wieder ab, so dafs bei einem Salzgehalt von über 5 pCt. nur noch wenige Thiere existiren können.

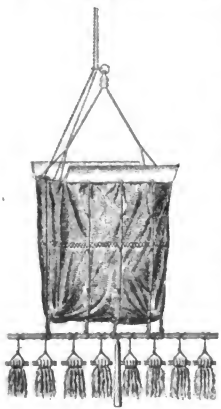


Fig. 14.

Dem reichen Thierleben des Meeres steht aber eine aufserordentlich spärliche Pflanzenwelt gegenüber. Während Thiere in allen Tiefen des Meeres leben, kommen Pflanzen nur in den oberen Schichten vor und verschwinden in etwa 400 m bereits vollständig. Da die Pflanzen zu ihrem Gedeihen das Sonnenlicht nicht entbehren können, so mag dies ein Beweis mehr sein, dafs dasselbe nicht tiefer in das Meer einzudringen im stande ist. Die meisten Pflanzen des Meeres gehören zur Klasse der Algen oder Tange und stehen auf einer verhältnifsmäfsig niedrigen Stufe der pflanzlichen Entwickelung, zeigen jedoch eine grofse Mannigfaltigkeit in der äufseren Form und Gröfse; während Pflanzen von mikroskopischer Kleinheit nicht selten sind, erreicht die hauptsächlich in den höheren südlichen Breiten vorkommende Macrocystis eine Länge bis zu 300 m. Die Farbe der Pflanzen ist je nach der Einwirkung des Lichtes verschieden; je stärker die letztere und je mehr sich demgemäfs das Chlorophyll entwickeln kann, desto grüner die Färbung; mit der Abnahme des Lichtes, also in der Tiefe, verblafst das Grün und geht in Braun, Violett und Roth über. Sind im allgemeinen die Küstengewässer in Bezug auf die Vegetation bevorzugt, so werden doch auch auf hoher See gröfsere Anhäufungen von Pflanzen angetroffen; wir brauchen nur an das bekannte Sargasso-Meer des Atlantischen Ozeans zu erinnern, das aus Beerentang (Sargassum) bestehend, einer Insel oder Wiese von ungeheurer Aus-

Digitized by Google

dehnung gleich, weithin die Oberfläche des Wassers bedeckt. Von Blüthenpflanzen zählt das Meer nur gegen dreifsig Arten, die zu den Najadeen oder Hydrocharideen gehören und in der Nähe der Küste in flachem Wasser auf sandigem Grunde bis zur Tiefe von 9 m in allen Gewässern vorkommen und dort wie Rasen den Meeresboden bedecken.

Zum Fischen von Thieren und Pflanzen dienen Schleppsäcke oder Schleppnetze, aus Segeltuch oder engmaschigem Netzwerk bestehende Säcke, die mit ihrer in einen Metall- oder Holzrahmen eingespannten Oeffnung, vorne mit Gewichten beschwert, an der Wasseroberfläche, auf dem Meeresboden oder in mittleren Tiefen bei langsamer Fahrt des Schiffes hinter demselben hergeschleppt werden. Für die Meeresoberfläche und geringe Tiefen, sowie für den Handgebrauch in Booten werden auch schmetterlingsnetzartige, aus Mousselin oder leichtem Zeug hergestellte Käscher verwendet. Bei den Grund-Schleppsäcken erhält der eiserne, die Mündung umfassende Rahmen scharfe, nach aufsen geneigte, messerartige Ränder, welche pflugartig in den Meeresboden eingreifend, die aufgelockerten Bodenbestandtheile in den Sack gleiten lassen (Fig. 14). Eine Anzahl am Sack oder an einer Eisenstange befestigter lockerer Hanfbündel dient zum Auffangen kleiner, zarter Meeresorganismen, die an den Hanffasern anhaftend, sich unversehrt an die Oberfläche befördern lassen.

Digitized by Google

Wie haben unsere Voreltern gerechnet?

Von **F. K. Ginzel,**

Astronom am Recheninstitut der Königl. Sternwarte zu Berlin.

(Schluſs.)

Unter den antiken Völkern hat es selbst das alte Kulturvolk der Chinesen nicht über diese primitiven Methoden hinausgebracht. Die Chinesen benutzten beim Rechnen das „Swan-pan", einen Rahmen mit eingespannten Drähten, welche durch einen Querdraht in zwei Abtheilungen geschieden sind, die kleinere Abtheilung hat 2, die gröfsere 5 Kugeln. Das Addiren und Subtrahiren geschah durch Verbinden und Trennen der Kugeln auf den Drähten; die Multiplikation begann, wie bei den Griechen, mit den höchsten Stellenwerthen, das Dividiren war ein wiederholtes Subtrahiren, wobei die faktische Addition und Subtraktion auf dem Swan-pan vorgenommen wurde. — Viel feinere Rechner als Römer, Griechen und Chinesen, in gewissem Sinne bereits Rechenkünstler, waren die Inder. Das strengere mathematische Denken dieses Volkes, das uns vielfach in dessen Literatur, namentlich in der astronomischen, entgegentritt, erstreckte sich auch auf die Rechnungspraxis, und hier haben sich die Inder durch das klare Erfassen des Wesens des Dezimalsystems und durch die Erfindung der Null verdient gemacht. So einfach und selbstverständlich es uns heute erscheint, beim Rechnen jeder entstehenden Ziffer sogleich ihren Stellenwerth zu ertheilen und das Fehlen von Einheiten einer Stufe durch ein besonderes Zeichen, die Null, ersichtlich zu machen, so kam doch die Menschheit einst durch Jahrhunderte nicht über diesen Punkt hinweg, und man hat mit Recht die „echt indische Idee, dem Nichts einen Werth zu geben und durch das Nichtsein erst die Vollendung des Etwas zu bewirken," als eine der epochemachenden Erfindungen hingestellt. In welcher Zeit die Inder schon den Gebrauch der Null besafsen, ist unentschieden: wahrscheinlich hatte die ältere indische Zahlenschreibung noch keine Null, und gesichert ist das Vorkommen dieses Zeichens erst seit etwa

Digitized by Google

400 n. Chr. Von dem klaren Denken der Inder giebt ihre Weise zu rechnen uns Zeugnifs. Sie subtrahiren z. B. ganz wie wir es heute thun und sagen in dem folgenden Beispiele

647	9	von	17	läfst	8
— 259	5	„	13	„	8
388	2	„	5	„	3.

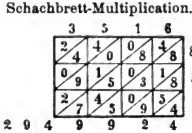
Beim Multipliziren zerlegen sie beide zu multiplizirenden Zahlen dem Dezimalsysteme gemäfs in Produkte von 10, z. B.

$3516 \times 839 = (6 + 10 \cdot 1 + 100 \cdot 5 + 1000 \cdot 3)\,(9 + 10 \cdot 3 + 100 \cdot 8)$,

multipliziren diese Theilprodukte und erhalten so für jede Rangziffer gleich die richtige Stelle; oder sie gebrauchen die „Schachbrett-Methode", von welcher wir hier ein Beispiel ansetzen und die als das Vorbild für unser modernes Multipliziren angesehen werden mufs; die dabei vorkommende Addition geschieht in der Richtung der schief laufenden Kolumnen:

3516 × 839

Schachbrett-Multiplication.



Modern.

3516 × 839

28128
10548
31644

2949924

Betreff der indischen Art zu dividiren, hat man bisher nichts gefunden, was komplementärer Division vergleichbar wäre; die Teilprodukte werden beim Abziehen gestrichen resp. vorhandene Ziffern durch andere ersetzt. Die Brüche schreiben die Inder bereits in moderner Form, Zähler über Nenner, doch noch ohne Bruchstrich, also $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{8}$. Sehr viel haben die Inder mit dem Gedächtnisse gerechnet, und hierin scheinen sie eine aufserordentliche Uebung erlangt zu haben. Wir wissen, dafs Wettkämpfe, regelrechte Rechenturniere, veranstaltet wurden, bei denen man Geist und Wissen auf die Probe stellte, und Aufgaben aus altindischer Zeit haben sich bis in moderne Zeit erhalten. Bei der Bewerbung Bodhisattvas um die Königstochter Gopâ werden Aufgaben in allerlei Künsten gestellt. Unter andern fragt man den Freier: Wie viele Urstäubchen sind in der Länge eines Yôyana enthalten, wenn 1 Yôyana = 4 Kroça, 1 Kroça = 1000 Bogen, 1 Bogen = 4 Ellen, 1 Elle = 2 Spannen, 1 Spanne = 12 Fingergelenken, 1 Fingergelenk sich aber aus einer Zahl von Urstäubchen zusammensetzt, die man erhält, wenn die Zahl 7 zehnmal mit sich selbst multiplizirt wird? Die Antwort ist 108 470 495 616 000 Urstäubchen.

Digitized by Google

Geübte Rechner waren jedenfalls auch die Araber. Ihre Art zu rechnen, erscheint uns allerdings ziemlich seltsam, da sie die Resultate nicht wie wir, unter die Rechnung, sondern vielfach über dieselbe setzen, auch die Rechnung nicht abwärts, wie es uns naturgemäfs erscheint, sondern nach aufwärts führen. Zum Verständnisse geben wir einige Beispiele nach Muhammed Alchwarizmi (9. Jahrh.) und dem maurischen Spanier Alkalsâdî (15. Jahrh.). Bei der Addition und Subtraktion soll nach arabischer Regel mit den höchsten Stellen angefangen werden, der Ueberschufs und das Geborgte werden aufgeschrieben und nicht im Kopfe behalten, wie wir es gewöhnt sind. Beim Multipliziren geht das Bilden der Theilprodukte ebenfalls nach aufwärts und der Multiplikator wird dabei um je eine Stelle nach rechts gerückt. In ähnlichem Sinne wird beim Dividiren der Dividend über den Divisor geschrieben, der Quotient über den Dividend, und die Theilprodukte gehen nach aufwärts. Mit Hülfe dieser Bemerkungen dürften die folgenden Beispiele verständlicher sein.

Addition	Subtraction[4])	Multiplication	Division
$63 + 88 = 151$	$823 - 675 = 148$	$86 \times 49 = 4214$	$36343 : 218 = 166$ Rest 155.

Arabische Ausführung.

151 = Summe.	148 = Rest.	4214 = Product.		155	Rest
63	823	54	Theilproducte	146·	
88	675	72		145··	
1	11	24		166	Quotient
		32		36343	Dividend
		49	= Multiplicand	218	Divisor.
		86	= Multiplicator	218	
		86	„	218	

Die Multiplikation haben übrigens die Araber in verschiedenen Formen fleifsig geübt, auch den indischen ähnliche Anordnungen kommen vor. Für die Brüche $1/2$, $1/3$, $1/4$ .... bis $1/9$ haben sie besondere Worte und nennen diese Brüche die „aussprechbaren", die anderen (wie $1/13$) und solche, die sich nicht aus jenen zusammensetzen, sind ihnen „stumme" Brüche. In den Rechnungsweisen der Westaraber sind späterhin Eigenthümlichkeiten bemerklich, welche auf das Eindringen nordischen Einflusses, namentlich von Gebräuchen italienischer Kaufleute, hindeuten.

Wir gehen nun in ein Zeitalter ein, dessen geistige Bewegung

[4]) Die Subtraction heifst bei den Arabern „tarh" von taraha = wegwerfen; hiervon abgeleitet „Tara", die Umhüllung bei Waaren, das Ueberflüssige, Wegzuwerfende.

Digitized by Google

wesentlich von jener der morgenländischen und südeuropäischen Völker verschieden ist. Während diese Nationen mit der ihnen innewohnenden frischen Kraft auf den Gebieten des geistigen Lebens immer Selbständiges, Charakteristisches schaffen, wird bis tief ins Mittelalter hinein der geistige Born der Schriftsteller des Alterthums ausgeschöpft und der Autoritätsglaube blüht in der Wissenschaft. Das Feld der Mathematik, wo die kräftige Pflanze eigenen Forschens wachsen soll, ist einsam und steril geworden. Das Rechnungswesen zu Anfang des Mittelalters zeigt solchen Zustand. Man pflegt noch das Fingerrechnen und schreibt die Zahlen nach der schwerfälligen römischen Art. Man rechnet noch mit den römischen Minutien, für die eigene Namen erfunden werden, und ist vom Begriffe der Brüche als abstrakte Zahlen ebenso weit entfernt wie das Alterthum. In diese trübe Zeit fällt wie ein Lichtschimmer das Aufblühen der Klostergelehrsamkeit. So beengt durch religiöse Anschauungen auch die geistige Thätigkeit der Mönche in den schnell auf gallischem, fränkischem, italienischem und deutschem Boden sich ausbreitenden Klöstern oft gewesen sein mag, so ist doch das Verdienst dieser frommen Männer um die Pflege der Schulen nicht zu verkennen und aus den Klöstern und den Klosterschulen ging manche tüchtige Kraft hervor. Wir nennen nur die Namen Beda des Ehrwürdigen, des Pädagogen Alkuin und des Gelehrten Hrabanus Maurus. Alkuins Name besonders leuchtet wie ein Stern auf. Karl der Grofse, selbst mangelhaft erzogen, und darum doppelt bemüht, Bildung unter seinen Franken zu verbreiten, lernte 780 n. Chr. Alkuin auf einer Durchreise durch Parma kennen, trat in vielfachen Gedankenaustausch mit diesem Gelehrten und nahm selbst Unterricht bei ihm. Die weitere Folge dieser Verbindung war die Gründung der Hof- und Palastschulen. Hauptlehrgegenstand derselben waren die sieben freien Künste, die späterhin an den Universitäten, bis tief ins Mittelalter hinein, den Grundpfeiler geistiger Bildung abgeben sollten, nämlich Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musik. Die Aufnahme der Astronomie und Arithmetik in die Reihe der Künste war durch einen besonderen Umstand veranlafst. Der niedere Klerus war ungebildet und vermochte oft nicht die Feier christlicher Feste, von denen eine gewisse Zahl bekanntlich direkt mit astronomischen Bestimmungen zusammenhängt, gehörig festzustellen. In der Aachener Kapitulare von 789 wurde deshalb verlangt, dafs jeder Geistliche in Arithmetik und Astronomie wenigstens so viel kennen müsse, um ohne fremde Hülfe die Kirchenfeste vorausberechnen zu

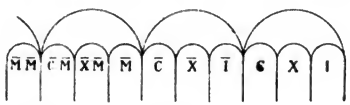
Digitized by Google

können; es sollten also diese Wissenschaften auch an den mit geistlichen Stiften verbundenen Schulen gelehrt werden. Demzufolge kam die Mathematik an den Klosterschulen nicht gar zu kurz. Begonnen wurde mit den vier Grundrechnungsarten, die natürlich mittelst der römischen Ziffern vorgeführt wurden, daran schlofs sich einiges Bruchrechnen, lineare Gleichungen, die wohl meist im Gedächtnifs gelöfst worden sein mögen, die wichtigsten Definitionen der Geometrie und Astronomie, und schliefslich Uebungen in mathematischen Scherzfragen. Namentlich die Lösung der letzteren und der Gleichungen haben jedenfalls die Rechnungsfertigkeit der Klosterzöglinge bedeutend gefördert und gar manche Aufgaben aus jener Zeit haben sich, gleich den indischen, bis auf unsere Zeit erhalten und in den arithmetischen Lehrbüchern eingebürgert. Den Rechen-Unterricht an den mittelalterlichen Klosterschulen haben wir uns etwa so vorzustellen: In der Mitte des Schulzimmers war die Kathedra aufgestellt und die Schüler safsen, ein jeder auf seinem Stühlchen, um dieselbe herum. Der Lehrer hielt den Vortrag nach Texten und die Schüler suchten das Gehörte im Gedächtnifs zu behalten. Die praktischen Uebungen im Rechnen verfolgten die Schüler mittelst Wachs- oder Staubtafeln.

Etwa von 930 n. Chr. ab verschwindet dieses im ganzen noch auf römischen Grundlagen ruhende Rechnungswesen (das auch der „Computus“ genannt wird) allmählich aus der Geschichte und an seine Stelle tritt wieder, allerdings in anderer Form, das antike Columnenrechnen. Ob der berühmte Gerbert, Abt von Bobbio und später Bischof von Rheims und Ravenna, (als Pabst Sylvester II. gestorben 1003 n. Chr.) oder Odo von Cluny als Wiedererwecker dieses Rechnens auf dem Abakus anzusehen ist, bleibt eine noch nicht ganz entschiedene Streitfrage. Dem gelehrten Gerbert, der unter seinen Zeitgenossen wohl die meisten mathematischen und astronomischen Kenntnisse besafs, mag das Rechnen der Alten bei Gelegenheit seiner umfassenden Studien in französischen und italienischen Klöstern bekannt geworden sein. Thatsache ist, dafs von ihm und seinem Schüler Bernelin die ersten schriftlichen Regeln zum Rechnen auf dem Abakus gegeben worden sind. „Gerbert liefs (so erzählt Richer) durch einen Schildmacher einen Abakus, d. h. eine durch ihre Abmessungen geeignete Tafel anfertigen. Die längere Seite war in 27 Theile abgetheilt und darauf ordnete er neun Zeichen, die jede Zahl darstellen konnten. Ihnen ähnlich liefs er tausend Charaktere von Horn bilden, welche abwechselnd auf den 27 Theilen des Abax die Multiplikation und Division der Zahlen darstellen sollten.“ Nach

Digitized by Google

Bernelin wurden auf einer mit blauem Sand bestreuten Tafel Striche gezogen, diese durch 30 Parallelstreifen abgetheilt: 3 waren für die Brüche bestimmt, von den anderen 27 wurden je 3 in eine Columne zusammengefafst, so dafs je eine den Einern, Zehnern und Hunderten entsprach. Der Abakus hatte also etwa folgende Gestalt:



Die in den Abakus einzutragenden Zeichen sind nun die sogenannten Apices. Aus diesen Apices haben sich allmählich unsere modernen Ziffern entwickelt; die Apices selbst aber entstammen den alten, einst von den Arabern gebrauchten Gobarziffern. Die folgende Illustration zeigt uns sowohl die letzteren, wie die hauptsächlichsten Entwicklungsstadien der Apices:

Aus welcher Quelle Gerbert die Apices entnommen hat, ist noch nicht aufgeklärt. Während die einen sich auf eine Schriftstelle bei Boethius stützen und daraus den Gebrauch der Ziffern schon für die Zeit der Neupythagoräer(Alexandrien) ableiten, bestreiten andere die Echtheit der Schrift des Boethius und geben verschiedene Erklärungsarten. So viel ist sicher, dafs es sich um keine selbständige Erfindung Gerberts handelt und dafs bei den Arabern, welchen jene Zeichen früher eigenthümlich waren, sich weder eine Spur vom Abakus selbst, noch von den Multiplikations- und Divisionsregeln, darauf zu rechnen, vorfindet. Diese Multiplikations- und Divisionsvorschriften wollen wir jetzt kennen lernen. Beim Multipliziren auf dem Abakus schrieb man die Theilprodukte, ohne etwa den Ueberschufs über 10 weiter zu addiren, ganz

Digitized by Google

an und zwar dem Stellenwerthe der Ziffern entsprechend, z. B. $24 \times 14 = 336$

C	X	I
	1	4
	2	4
2	1	6
	8	
	4	
3	3	6

$4 \times 4 = 16 = (1\,X + 6)$
$4 \times 20 = 80 = 8\,X$
$10 \times 4 = 40 = 4\,X$
$10 \times 20 = 200 = 2\,C$

Die besondere Ueberlegung, in welche Vertikalkolumnen ein Theilprodukt einzureihen sei, wurde damit erleichtert, dafs man den Multiplikand während der Multiplikation je um eine Stelle einrückte, z. B. $8216 \times 4957 = 40726712$

MX	M	C	X	I	C	X	I
				8	2	1	6
				4	9	5	7
			4	9	5	7	
		4	9	5	7		
	4	9	5	7			
			2	5	3	4	2
				4	4	7	
			4	9	5		
			1	1	4		
		1	8	6			
		8	5				
		4					
	7	2					
3	2						
4		7	2	6	9	1	2 [5]

$6 \cdot 7 = 42 = 4\,X + 2$
$6 \cdot 50 = 300 = 3\,C$
$6 \cdot 900 = 5400 = 5\,\overline{I} + 4\,C$
$6 \cdot 4000 = 24000 = 2\,\overline{X} + 4\,\overline{I}$
$10 \cdot 7 = 70 = 7\,X$
$10 \cdot 50 = 500 = 5\,C$
$10 \cdot 900 = 9000 = 9\,\overline{I}$
$10 \cdot 4000 = 40000 = 4\,\overline{X}$
$200 \cdot 7 = 1400 = 1\,\overline{I} + 4\,C$
u. s. f.

Die Division gestaltete sich, wenn Einer durch Einer oder Zehner durch Zehner dividirt werden sollten, recht einfach; die Nebenrechnung (das Subtrahiren der Theilprodukte) wurde im Kopfe oder auf einem Hülfsabakus ausgeführt. Z. B.

8 : 5

	C	X	I	
Divisor.			5	$1 \times 5 = 5$
Dividend . . .			8	$8 - 5 = 3$
Rest.			3	
Quotient			1	

600 : 400

C	X	I	
4			$1 \times 400 = 400$
6			$600 - 400 = 200$
2			
		1	

Viel umständlicher wird die Sache, sobald eine mehrziffrige Zahl durch eine einziffrige zu dividiren ist, wie in dem Beispiele 328 : 6

[5] Null wird nicht gebraucht!

Digitized by Google

= 54. Zunächst wird die dekadische Zerlegung des Divisors 6 = 10—4 gebildet. Man dividirt nun: 10 in 300 giebt 3 Zehner, bleiben 28, 3 Zehner mal 4 Einer sind 120, addirt zu 28 giebt den neuen Dividend 148; 10 in 148 giebt 1 Zehner, Rest 48, hierzu 1 Zehner mal 4 macht 88, welches der weitere Dividend ist u. s. f. Die Rechnung sieht dann so aus:

		Zehner, Einer	C	X	I	
	328 : (10 — 4) =	3 .			4	Differenz
—	300				6	Divisor
	28					
+	120		3	2	8	Dividend
Dividend	148	1 .	1	2		
—	100		1	4	.	2. Dividend
	48			4		
+	40					
Dividend	88	8		8	8	3. Dividend
—	80			3	2	
	8			4		4. Dividend
+	32			1	6	5. Dividend
Dividend	40	4			4	
—	40					
	0			1		6. Dividend
+	16				4	Rest
Dividend	16	1				
—	10				1	
	6				1	
+	4				4	Denomination
Dividend	10	1			8	
	Summa 4	14		1		
	oder = 54			3		
	Rest . . . 4			5	4	Quotient

Bei der Division von 7228 durch 26 wird 26 ersetzt durch (30—4) man dividirt also: 3 Zehner gehen in 7 Tausend 2 hundertmal, bleibt 1 Tausend Rest, hierzu 4 mal 200 = 800 zu addiren, demnach der neue Dividend 2028 u. s. w. Der Leser versuche einmal in dieser Weise die Division gröfserer Zahlen auf dem Abakus auszuführen und er wird finden, wie ungelenk und schwerfällig ein solches Rechnen ist und wie sehr schon das damalige Zeitalter recht hatte, die „schwitzenden Abazisten“ zu bedauern, die ein solches Dividiren lernen mufsten.

Das Rechnen auf dem Abakus hatte im Laufe der Zeit dasselbe Schicksal wie mehrere Jahrhunderte vorher der „Computus“, es starb allmählich ab, je mehr die arabischen Ziffern und die Rechenbücher, von welchen wir noch sprechen werden, sich verbreiteten. Das älteste Denkmal, auf welchem arabische Ziffern erscheinen, soll von 1007 herrühren. Zu Pforzheim und Ulm fanden sich Grabsteine von 1371 und 1388 mit arabischen Ziffern. In Urkunden gelangten die ehemaligen

Digitized by Google

Apices erst im 15. Jahrhundert, sonst aber fanden sie beim praktischen Rechnen seit dem 13. Jahrhundert allmählich mehr und mehr Eingang. Die bei den Abazisten übliche Eintheilung der Zahlen in Fingerzahlen, Gelenk- und zusammengesetzte Zahlen war damals noch üblich; bezüglich der Brüche klebte man immer noch an der Beschränkung des Rechnens mit 60 theiligen Brüchen, mitunter tauchen sogar noch die römischen Minutien auf. Das Hauptbuch für Arithmetik war durch Jahrhunderte hindurch das von Sacrobosco,[6]) welches neun Spezies erläutert: Numeration, Addition und Subtraktion, Duplikation und Mediation (Verdoppeln und Halbiren), Multiplikation, Division, Progressionen und Wurzelausziehen. — Allmählich wurde auch die Stellung der Arithmetik als Lehrgegenstand der eben ihren Aufschwung nehmenden Universitäten[7]) eine bessere. Anfangs beherrschten an den wenigen Hochschulen die sieben freien Künste so ziemlich alles andere, und für Arithmetik, sowie für Mathematik fielen in einem Semester kaum einige Wochen ab. Die Ursache dieser Erscheinung lag nicht blos im Wesen der Zeit, welche die aufserordentliche Bedeutung mathematischen Wissens für die Bildung des Verstandes kaum ahnen konnte, sondern auch in dem eigenthümlichen Usus der Fakultäten, dafs die Universitätsmagistrate den Lehrern den Gegenstand zuwiesen, über den diese lehren sollten.[8]) Hierdurch wurde verhindert, dafs die Lehrer sich einer bestimmten Wissenschaft ganz hingeben und darin aus eigener Kraft etwas schaffen konnten, ein Uebelstand, der speziell in den mathematischen Fächern, wo kein Nachbeten fremden Wissens half, sondern nur eigenes Denken weiter führte, scharf hervortreten mufste. Erst die Universität Bologna schuf 1383 einen eigenen Lehrstuhl für Mathematik, in Deutschland folgte ihrem Beispiele zuerst Wien, wo Johann von Gmunden (um 1420) nur Mathematik dozirte.

Sah es so mit der Pflege des Rechnens an Universitäten, diesen Kastellen mittelalterlicher Weisheit, trübe aus, so bot das öffentliche Schulwesen ein noch viel traurigeres Bild. Rechnen in gehöriger wissenschaftlicher Begründung wurde bis hoch ins Mittelalter hinauf in den Schulen der Städte überhaupt nicht gelehrt (vielleicht Trier und Liegnitz ausgenommen). Die „Magister der freien Künste“ standen zu

[6]) gest. 1256.

[7]) In Deutschland entstanden die ersten Universitäten zu Prag (1348), Wien (1365), Heidelberg (1388), Erfurt (1392), Leipzig (1409).

[8]) So lehrten in Wien die „Musica“ 1393 Nikolaus v. Neustädt, 1397 Horb, 1398 Wallsee; Petrus von Pulka las 1391 Sphaera materialis (Astronomie nach Sacrobosco), 1392 Arithmetik, 1394 Latitudines (Coordinatengeometrie) u. s. w.

Digitized by Google

hoch für derartige Schulmeisterarbeit. Zwar in Italien gab es Rechenlehrer, aber die Wanderlehrer, die in Deutschland allenthalben umherzogen, wurden nicht zu den Gelehrten gezählt. Noch im 15. Jahrhundert war das städtische Schulwesen in Deutschland nicht im stande, den gewöhnlichen Rechenunterricht zu lehren. Schwaben war reich an Stadtschulen, selbst kleine Ortschaften rühmten sich ihrer Schulen, aber Arithmetik ward nirgends gelehrt. Der Preis gebührt da nach Günther dem oberpfälzischen Städtchen Nabburg, wo von 1480 ab „an Feiertagen und sonstigen günstigen Gelegenheiten" Uebungen im Rechnen vorgenommen wurden. Die guten Leute hatten das Rechnen in der Woche noch nicht nöthig; für solche Sache habe jeder selbst zu sorgen, hiefs es, und wer es sonst brauche, der möge nur auf die „fahrenden Schulmeister" warten, so dies lehren. Erst von 1500 ab treffen wir in Brandenburg, Ulm, Augsburg, Nürnberg, Zwickau auf das Rechnen als vorgeschriebenes Unterrichtsfach, und die bairische „Schuelordnungk de anno 1548", brach gründlich mit dem Zopfe. Der „fahrenden Schulmeister", die das Rechnen lehren, müssen wir aber noch besonders Erwähnung thun. Es wurde nämlich im Laufe des 14. Jahrhunderts üblich, dafs sich in deutschen Handelsstädten, von denen sich viele gerade damals einer besonderen Blüthe erfreuten, im Rechnungswesen gewandte Leute niederliefsen. Die Kaufleute begriffen schneller als die Magister, dafs das Rechnen doch eine gute Sache sei, und die Rechenlehrer wurden schliefslich vom Stadtamte förmlich „bestellt". Sie hiefsen anfangs „Stuhlschreiber", waren nicht blos rechnungsfertige, sondern auch schreib- und rechtskundige Leute, gewissermafsen Volksanwälte, die ihren „Stuhl" an einem frequenten Platze der Stadt aufstellten und auf Wunsch ihrer Klienten sofort Briefe, Kontrakte, Klagen abfafsten und Rechnungen für Kaufleute ausführten, also typische Figuren des Volkslebens, wie sie ähnlich heute noch in italienischen und spanischen Städten angetroffen werden. Später nannte man diese Leute Modisten, nämlich Kenner der modernen Schreibkunst, der mehr und mehr die alte Schrift verdrängenden Kanzleischrift. Einen solchen Rechenmeister bestellt Nürnberg 1409 in der Person Jobs Kapfers „dieweil er kint leret"; später folgten daselbst einander eine lange Reihe von Stuhlschreibern, unter denen sehr tüchtige Rechenmeister waren, wie Joppel (1457) und Vogel. Aus Augsburg sind Koegel und Böschenstein, in Eger Widmann zu erwähnen, und der heute noch im Volksmunde bekannte Adam Riese (geb. 1492) war ein solcher öffentlicher Rechenmeister, der zu Annaberg im Erzgebirge eine Privatschule errichtete. In gröfseren

Digitized by Google

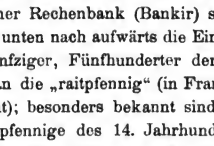
Handelsstädten bildeten die Rechenmeister bald eine förmliche Gilde. Sie fanden es bald auch für nöthig, sich nicht blos auf das mündliche Lehren zu beschränken, sondern auch die von ihnen erworbenen Erfahrungen in Büchern niederzulegen. So entstanden mit der Zeit eine Menge von Rechenbüchern, die ganz wesentlich zur Verbreitung der Kenntnifs des Rechnens im Volke beigetragen haben. Die ältesten italienischen Rechenbücher sind jene von Pietro Borgo (1482) und Luca Pacioli (1494), die frühesten in Deutschland erschienenen sind der Nürnberger „Rechenmeister" Ulrich Wagners (1482), von welchem uns nur geringe Reste erhalten geblieben sind, und das Bamberger Rechenbuch des Heinrich Petzensteiner (1483). Von späteren solchen Werken heben wir nur einige noch hervor: die „Behende und hübsche Rechnung auff allen Kaufmannschaft" von Johann Widmann (1489), das „Enchiridion novus" von Huswirt (1503), die „Arithmetice opuscula duo Theodorici Tzwivel" (1505); bemerkenswerth sind eine Reihe von Büchern, die unter dem Titel „Algorithmus linealis" 1507 bis 1525 erschienen und die „Rechenbiechlein auff den linien".

Diese Litteratur lehrt bereits das Rechnen wesentlich anders, als wir es aus den früheren Auseinandersetzungen kennen gelernt haben. Es ist ein weiteres Entwicklungsstadium, in welchem uns die praktische Arithmetik entgegentritt. Seit dem Abakusrechnen hatten andere Verhältnisse in Mitteleuropa Platz ergriffen. Vor dem Jahre 1300 finden wir in den Aus- und Einnahmeregistern der Städte noch die unbequemen römischen Zahlen in Anwendung; der Kleinhandel, die Zünfte halfen sich mit der Kerbenrechnung, bei welcher jeder Betrag durch Striche auf einem Holze eingeschnitten und dieses Holz dann der Länge nach gespalten wurde, wovon Gläubiger und Schuldner je einen der zusammenpassenden Theile gewissermafsen als Deckung behielten. Die Züge der Hohenstaufen über die Alpen und die sich entwickelnden Handelsverbindungen des Nordens mit dem Süden zeigten die Nothwendigkeit einer sorgsameren Pflege des Rechnens in eindringlicher Weise. In Italien führte der Aufschwung des Handels nach dem Orient und der Fortschritt der Schifffahrt zur Gründung mächtiger Handelsrepubliken und zum Reichthum einzelner Städte. Dort entstanden die Wechsler, die ersten Banken, die ersten Staatsanleihen, dort bildeten sich im Getriebe des Handels die praktischen Vortheile im Rechnen und mannigfachen Usanzen aus. Junge Kaufleute gingen bald immer zahlreicher nach Italien zu ihrer Ausbildung und brachten das Erlernte mit in die Heimath zurück. Mitte des 16. Jahrhunderts war die „wälsche Praktik" bereits im deutschen Handelsstande ver-

Digitized by Google

breitet. Andererseits waren arithmetische Fortschritte durch die Werke der Gelehrten Planudes, Leonardo Pisano und Sacrobosco angebahnt und die Rechnungsmethoden der Araber bekannter geworden. So bereitete sich abermals eine Epoche des Rechnens am Ende des Mittelalters vor, welche vielfach mit der Ueberlieferung bricht und welche man die Periode des Algorithmus genannt hat. Ueber das Wesen des Rechnens in dieser Zeit müssen wir zum Schlufs noch das Nöthigste auseinandersetzen.

In der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts kam, vornehmlich in Deutschland, Frankreich und England, das Rechnen mit Rechenpfennigen auf dem „Bankir“ (auch „Rechnen auff der linien“ genannt) in Gebrauch. Auf einer Rechenbank (Bankir) sind horizontale Linien gezogen, welche von unten nach aufwärts die Einer, Zehner, Hunderter der Zahlen, auch Fünfziger, Fünfhunderter derselben vorstellen; auf diese Linien legte man die „raitpfennig“ (in Frankreich jetons, in England counters genannt); besonders bekannt sind noch die Nürnberger und Brügger Rechenpfennige des 14. Jahrhunderts. Jede Zahl wird auf den Linien dargestellt, indem man die Raitpfennige „legt“, das heifst, die Zahl zerfällt; z. B. die Zahl 27 683 wie folgt:

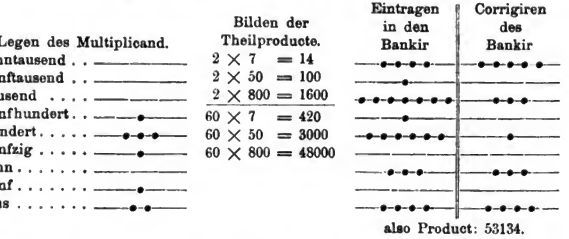


Das Addiren und Subtrahiren auf solch einem Bankir besteht eigentlich nur im Zulegen resp. Wegnehmen der Rechenpfennige. Soll z. B. zu obiger Zahl noch 217 addirt werden, so kommen in die zweite Linie von unten an gerechnet noch 2, in die dritte 1, in die vierte 1 und in die sechste von unten noch 2, dann ist aber der Bankir zu ändern und es sammeln sich die Marken der fünf unteren Linien zu 1 Hunderter, der in die Linie der Hunderter einrückt und mit den dort schon vorfindlichen 3 Hunderten die Summe 400, und mit den oberen vier von der Rechnung unberührt bleibenden Linien das Resultat 27 900 ergiebt. Bei der Subtraktion werden in ähnlicher Weise die Marken aus den höheren Linien weggenommen und auf den unteren Plätzen sogleich dem Werthe der Linien entsprechend vertheilt. Beim Multipliziren

Digitized by Google

wird nur der Multiplikand „gelegt“, der Multiplikator im Gedächtnifs behalten. Folgendes Beispiel wird den Leser, wenn er dem Gange der Rechnung folgt, ohne dafs nähere Erklärungen nothwendig sind, in eine Multiplikation einführen.

Multiplikation 857 × 62 auf dem Bankir.



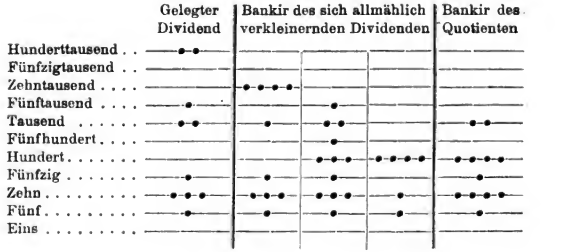
also Product: 53134.

Beim Dividiren wird nur der Dividend gelegt; man dividirt die ersten Ziffern desselben durch die ersten des Divisors und bildet zur Aufnahme des Quotienten einen besonderen Bankir; der jeweilig nach Abziehen der Theilprodukte übrig bleibende Dividend kommt in einen anderen Bankir.

Division 207085 : 83 = 2495

Bilden der Producte und Dividenden:

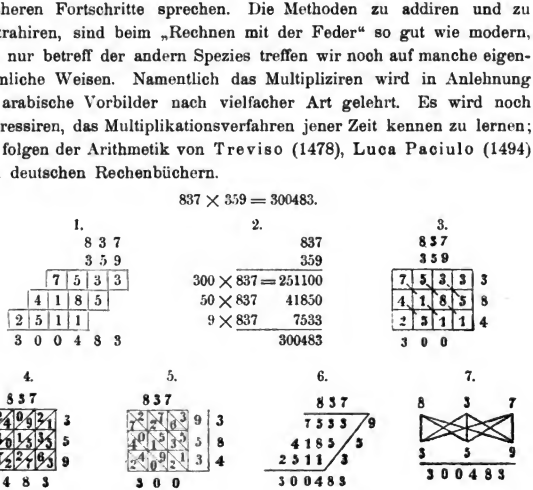
2000 × 83 =	166000
bleibt	41085
400 × 83 =	33200
bleibt	7885
90 × 83	7470
bleibt	415
5 × 83	415
bleibt	0



Digitized by Google

Da das „Rechnen auff der linien“, wie man wohl sieht, im wesentlichen auf ein mechanisches Hantiren mit den Rechenpfennigen hinausläuft, so mufste es namentlich im Volke, von dem nur der kleinste Theil mit der Feder umzugehen wufste, sehr beliebt sein. Thatsächlich hat es sich im Kleinhandel durch Jahrhunderte erhalten. Es ist gewissermafsen ein letztes Wiederaufleben des Rechnens mit dem Abakus. Bald gewann das „Rechnen mit der Feder“ mehr und mehr Verbreitung. Mit diesem schriftlichen Rechnen lenkte endlich die Kunst des Rechnens in jene Bahnen ein, in denen sie sich heute noch bewegt. Nachdem der Gebrauch der Null als Ziffer allgemeiner geworden, und die ursprünglichen Apices nach langen Metamorphosen sich in geschmeidige, leicht schreibbare Zeichen umgebildet hatten, darf man von einem rascheren Fortschritte sprechen. Die Methoden zu addiren und zu subtrahiren, sind beim „Rechnen mit der Feder“ so gut wie modern, und nur betreff der andern Spezies treffen wir noch auf manche eigenthümliche Weisen. Namentlich das Multipliziren wird in Anlehnung an arabische Vorbilder nach vielfacher Art gelehrt. Es wird noch interessiren, das Multiplikationsverfahren jener Zeit kennen zu lernen; wir folgen der Arithmetik von Treviso (1478), Luca Paciulo (1494) und deutschen Rechenbüchern.

$$837 \times 359 = 300483.$$



Die erste dieser 7 Methoden heifst bericocoli, die zweite castellucio, die 3. 4. 5. sind „Gitter“, die 6. ist al schachir, die 7. per crocetta. Der Leser wird bemerken, dafs die Herren Rechenmeister sich bereits in Künsteleien gefallen; eine ganz besondere Methode, sich etwas Leichtes schwer zu machen, soll auch noch in der Multiplikation „in Form einer Galeere“ vorgeführt werden. $2395 \times 4876 = 11\,678\,020$

Digitized by Google

[9])

Divisionsmethoden gab es ebenfalls verschiedene; eine der gebräuchlichsten ist durch folgendes Beispiel illustrirt: 868 : 31 = 28

	0		$2 \times 3 = 6$ bleibt 2
	240		$2 \times 1 = 2$ „ 4
Dividend	868	28 Quotient	$8 \times 3 = 24$ „ 0
Divisor	31		$8 \times 1 = 8$ „ 0
	31		

Im Rechnen mit Brüchen ist man erheblich weiter gekommen. Das „Heben“ der Brüche (Abkürzen des Zählers und Nenners) ist eingeführt, beim Addiren und Subtrahiren derselben verfährt man noch ziemlich unbeholfen, einen gemeinschaftlichen Nenner sucht man noch nicht. Beim Multipliziren gemischter Brüche werden die ganzen Zahlen für sich, dann die Ganzen mit den Brüchen, schliefslich die Brüche mit einander multiplizirt und die Einzelprodukte addirt; entgegengesetzt ist das Dividiren.

In den Rechenbüchern des 16. Jahrhunderts werden aufserdem gelehrt „die gulden Regel“ (Regeldetri),[10]) Gewinnrechnung bei Einlagen von Gesellschaftern an Geschäften, bei Waarenverkäufen u. dgl., die „Goltrechnung“ (Preis einer Goldmischung bei bekanntem Gesamtgewicht der Mischung, dem Feingehalt und Preis des Goldes per Karat), die „Tolletrechnung“, ein eigenthümliches Verfahren, mittels

[9]) Zur Enträthselung dieser Kunstform beachte der Leser: Man fängt an mit $4 \cdot 2000 = 8000$, 8 kommt über 2; $4 \cdot 300 = 1200$, $8 + 1 = 9$, also wird 8 gestrichen und 9 darüber gesetzt, 2 kommt rechts neben 8; $4 \cdot 90 = 360$, $9200 + 360 = 9560$, also 5 über die gestrichene 2 und 6 neben 2, ferner $4 \cdot 5 = 20$, somit $9560 + 20 = 9580$, weshalb 6 zu streichen und darüber 8 zu setzen: darauf rückt der Multiplicand ein und die Multiplikation mit der zweiten Ziffer des Multiplicators, 8, beginnt.

[10]) In den Proportionen des Mittelalters steht das unbekannte, zu suchende Glied fast immer als viertes.

Digitized by Google

Legen von Rechenpfennigen auf Feldern, welche die Bezeichnungen des Münzgewichtes trugen, den Feingehalt von Gold z. B. bei Münzen zu bestimmen. Auch das „Progredirn“ (die Progressionen) und Wurzelausziehen gehört im 16. Jahrhundert noch zum elementaren Rechnen.

Von den Dezimalbrüchen, eine der genialsten und fruchtbarsten Erfindungen des menschlichen Geistes, ist erst 1585 die Rede. Stevin setzte damals in seiner Abhandlung La Disme auseinander, welche grofsen Vortheile es biete, wenn alle Brüche als Zehntheile der Einheiten ausgedrückt würden und wies darauf hin, dafs sich dann aller Verkehr mit Brüchen wie mit ganzen Zahlen ausführen lassen würde. Er verlangt von der Regierung, sie möge alles unterstützen, was ein solches Rechnen herbeiführen könnte, namentlich die Decimaltheilung der Münzen, Mafse und Gewichte. Stevin läfst beim Anschreiben der zehntheiligen Brüche den Nenner noch nicht weg, er schreibt hinter den Zähler ein Rangzeichen der Nenner, ① für die Zehntel, ② für die Hundertstel, also z. B. $7\,{}^{7}/_{100} = 707\,②$, ${}^{54}/_{100} = 54\,②$. Bei der Ausführung von Rechnungen werden die Stellenanzeiger ① ② ③ .... über die betreffenden Ziffern gesetzt. Stevin sieht voraus, dafs vielleicht die Einführung der Decimalbrüche nicht sobald in Aussicht stehe, doch „ein künftiges Geschlecht, wenn die Menschennatur die gleiche bleibe, werde sich eines so grofsen Vortheiles jedenfalls nicht für immer begeben.“ Nahe um dieselbe Zeit wie Stevin kam Jost Bürgi auf die Erfindung der Decimalbrüche und gebrauchte Punkte oder Halbklammern zur Abgrenzung der Decimalstellen. 1603 veröffentlichte J. H. Beyer seine „Logistica decimalis, das ist Kunstrechnung mit den zehntheiligen Brüchen.“ Die Decimalstellen nennt er Skrupel, die erste, zweite ... Skrupel, oder auch Primen, Sekunden, Terzen u. s. w. und bezeichnet z. B. $5\,{}^{32}/_{100} = 5.\overset{\text{II}}{32}$; $9\,{}^{326}/_{100\,000} = 9.\overset{\text{V}}{326}$.

Zu den Rechnungsfortschritten des 16. Jahrhunderts gehört auch noch die Erfindung der doppelten Buchhaltung. Schon vor dem Ende des Mittelalters war in England und Frankreich eine schachbrettförmige Bücherführung bekannt. Im italienischen Handelsstande gelangte das Buchhaltungswesen (vielleicht beeinflufst durch arabische Usanzen) ganz vornehmlich zur Vervollkommnung. Die Begründung der doppelten Buchhaltung ist gleichfalls einem Italiener zuzuschreiben, dem früher schon erwähnten Mathematiker Luca Paciuolo (1493). Er kennt die Führung des „Memorials“, „Journals“, der „Strazze“, die Aufstellung der Bilanz. In deutscher Sprache dürfte die Buchhaltung zuerst von Grammateus (1523) gelehrt worden sein.[11]) Stevin

[11]) Bei diesem heifst das Kassabuch „Kaps“ (Kapsel).

Digitized by Google

endlich schlug 1605 die Einführung sogenannter unpersönlicher Conti bei der Buchhaltung von Domainen, Genossenschaften, Städten und Provinzen vor („Haushaltungskonto", „Gehaltskonto", „Marstall-Konto" u. dgl.).

Seit dem 16. Jahrhundert wurde der Fortschritt der Rechenkunst ein stetiger. Die Spielereien mit Zahlen und Methoden, mit denen sich das Mittelalter gern abgab, die unbeholfenen Rechnungsarten verschwinden mehr und mehr und machen praktischen Vortheilen Platz. Während im 15. Jahrhundert der Mensch mit mancherlei Schwierigkeiten im Rechnen zu kämpfen hat,[12]) ist er im 17. Jahrhundert schon so weit, dafs er auf Maschinen sinnt (wie Blaise Pascal), welche die Schnelligkeit des Rechnens erleichtern sollen. Im 18. Jahrhundert endlich hat das Rechnen mit der Feder die alleinige Herrschaft in allen Ländern, wo sich der Mensch ein hochzivilisirtes Geschöpf nennt. Die letzten zöpfischen Anhängsel sind verschwunden und das praktische Rechnen dieser Zeit unterscheidet sich nur noch durch wenige Aeufserlichkeiten von der Rechenpraxis, wie wir sie heute üben.

So sehen wir das Rechnen, wie es Tausende von uns in den Schulen gelernt haben, aus mühseligen Anfängen entstehen, und wir, die in dieser Disziplin durch einen wohlüberlegten, pädagogisch durchgearbeiteten Unterricht gar nicht in die Lage gekommen sind, das Rechnen als eine besonders schwierige Sache anzusehen, ahnen heute gar nicht, wie sehr eine halbwegs grofse Divisionsaufgabe, die wir binnen einiger Minuten sozusagen ohne Ueberlegung abthun, unseren Voreltern hat Kopfzerbrechen machen können. Wir wollen aber bescheiden sein und nicht meinen, jetzt hätten wir mit unsern Methoden die Höhe des Witzes erklommen, denn nach uns kann leicht eine Zeit kommen, die auch uns in den Schatten schiebt.

---

[12]) Noch in dieser Zeit hatte man keine feste Terminologie für die Benennung der Zahlen, und bei grofsen Zahlen werden noch immer seltsame Wortungeheuer erfunden.

Digitized by Google

Abermals der Komet Holmes.

Die am Schlufs der ausführlicheren Mittheilung über diesen interessanten und seltsamen Himmelskörper (cf. Heft 4 des laufenden Jahrganges) ausgesprochene Vermuthung hat sehr bald eine unerwartete Bestätigung erfahren. Bereits Anfang Dezember war der Komet so lichtschwach geworden, dass er nur noch in mächtigeren Instrumenten als ganz unscheinbare, schlecht definirte Nebelmasse aufgefunden werden konnte; seitdem hatte er sich kaum wesentlich verändert, und nichts deutete darauf hin, dafs sich eine gewaltige Umwälzung in seinem Inneren vorbereitete, die ihren Ausdruck in einer Form- und Helligkeitsveränderung von erheblichem Betrage finden sollte. Herr Dr. Palisa in Wien vermifste am 16. Januar an der durch die Berechnung vorausbestimmten Stelle des Himmels das ihm wohlbekannte Objekt; hingegen fiel ihm sofort ein gelber Fixstern auf, der von einer Nebelhülle von 20″ Durchmesser umgeben war, und der sich nach kurzer Zeit, namentlich auch durch seine deutliche Bewegung, als mit dem gesuchten Kometen identisch erwies. Die Gesamthelligkeit kam etwa derjenigen eines Fixsterns der 8. Gröfsenklasse gleich; überhaupt war in kleineren Instrumenten und bei schwächeren Vergröfserungen der Komet von einem Fixstern nicht ohne weiteres zu unterscheiden.

Inzwischen hat sich sein Aussehen schon wieder merklich verändert. Der Kern, welcher aus mehreren einzelnen Lichtknoten zu bestehen scheint, ist unschärfer geworden, während die ihn umgebende Nebelhülle an Ausdehnung zugenommen hat. Man wird demnach kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dafs in wenigen Wochen der Komet wieder zu einem ganz unscheinbaren Objekt herabgesunken sein wird; neuere Beobachtungen bestätigen diese Vermuthung.

Derartige plötzliche Lichtausbrüche und Formveränderungen sind zwar an sich nicht eben selten; in der Regel treten sie in der Zeit der Sonnennähe, meist wenige Tage nach derselben ein. Ein bemerkens-

Digitized by Google

werthes Beispiel dafür bot in neuerer Zeit (1888) der Komet Sawerthal. Um so grösseres Interesse muss deshalb der Holmessche Komet erwecken, weil durch die oben mitgetheilte Wahrnehmung die Zahl derjenigen Fälle, in denen mit Sicherheit plötzliche gewaltige Umlagerungen innerhalb der die Kometen bildenden Materie nachgewiesen werden konnten, wieder um ein sehr augenfälliges Beispiel bereichert worden ist, namentlich wenn in Betracht gezogen wird, dafs die bemerkte Umgestaltung erst geraume Zeit nach der Sonnennähe (Mitte August 1892) stattfand. Man wird es nunmehr auch kaum verwunderlich finden, dass der Komet so verhältnifsmäfsig spät, fast 5 Monate nach dem Durchgang durch das Perihel, entdeckt wurde. Zweifellos ist man zu der Annahme berechtigt, dafs infolge eines dem geschilderten ähnlichen Lichtausbruchs, der vielleicht wenige Tage vor der Entdeckung stattgefunden haben wird, die Helligkeit so rapide anstieg, dass sie die Anwesenheit des Kometen für einige Tage sogar dem unbewaffneten Auge verrieth.

Noch in einer anderen Richtung gestaltet sich die Erscheinung des uns beschäftigenden Kometen zu einer besonders bemerkenswerthen. Bekanntlich zeichnen sich die Kometen durch ein Spektrum aus, das, in der Regel aus drei Banden bestehend, deren hellstes im Grün gelegen ist, in wesentlichen Punkten mit dem Spektrum des Kohlenwasserstoffes übereinstimmt. Gleichzeitig wird oft auch ein kontinuirliches Farbenband beobachtet, das um so deutlicher hervortritt, je gröfser der Abstand des Kometen von der Sonne ist. Nun fanden unabhängig von einander Campbell auf dem Lick-Observatorium am 8. und 9. November und Vogel in Potsdam am 13. November ein kontinuirliches Spektrum, hingegen keine Spur des für die Kometen charakteristischen Bandenspektrums, das nach allen früheren Erfahrungen jenes an Intensität erheblich zu übertreffen pflegt. Wenn es also überhaupt vorhanden war, so muss seine Helligkeit doch so unbedeutend gewesen sein, dafs es sich selbst in unseren gewaltigsten Hilfsmitteln der Wahrnehmung entziehen konnte. G. Witt.

Zur Selenographie.

Die jüngste Publikation der Prager Sternwarte[1]) enthält u. a. eine interessante Zusammenstellung von Zeichnungen und Unter-

[1]) Astronomische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag in den Jahren 1889, 1890 und 1891, nebst Zeichnungen und Studien des Mondes. Auf öffentliche Kosten herausgegeben von Professor Dr. L. Weinek. — Prag 1893.

Digitized by Google

suchungen über die Oberflächenbeschaffenheit unseres Trabanten, die einen bleibenden Werth beanspruchen können. Auf vier Tafeln gr. Folio, denen ausführliche Erläuterungen im Text voraufgehen, finden wir zunächst, lithographisch vervielfältigt, 20 überraschend plastische, bis ins feinste Detail sorgsam ausgearbeitete Handzeichnungen, vorläufig die letzten dieser Art, da die wenig günstigen Beobachtungs-Verhältnisse auf der Prager Sternwarte und die bescheidene instrumentelle Ausrüstung derselben eine erfolgreiche Thätigkeit in dieser Richtung erheblich erschweren. Dennoch werden die bis jetzt veröffentlichten 60 Originalzeichnungen, welche man der Thätigkeit Prof. Weineks verdankt, stets mustergültig und in jeder Beziehung vorbildlich bleiben; sie haben daneben wiederholt zur Auffindung von Gebilden auf dem Monde geführt, die von keinem Selenographen bisher verzeichnet worden waren. Nur nebenher sei eines Versuches Erwähnung gethan, der gelegentlich der totalen Mondfinsternifs des Jahres 1888 angestellt wurde; er zielte darauf ab, die Färbung der Mondoberfläche in einer bestimmten Phase der Verfinsterung möglichst treu wiederzugeben, und mufs, wie nicht anders erwartet werden konnte, als gut gelungen bezeichnet werden, wenn auch der Farbendruck vielleicht nicht im stande war, alle Feinheiten des Originals wiederzugeben.

Wir haben bereits im ersten Heft dieses Jahrganges Veranlassung genommen, darauf hinzuweisen, dafs Prof. Weinek in der letzten Zeit einen erheblichen Theil seiner Thätigkeit einer anderen Art der Darstellung der Mondoberfläche gewidmet hat. Das Zeichnen einzelner Mondpartien in bedeutend vergrösertem Mafsstabe nach Photographien und die nachfolgende Tuschirung eines solchen Bildes beansprucht zwar einen erheblichen Aufwand an Zeit und Mühe; der Werth ist aber auch ein unvergleichlich hoher, den niemand bestreiten wird. Diese Zeichnungen sind die Veranlassung zu zahlreichen photographischen Entdeckungen von Mondgebilden geworden, deren Gröfse und Auffälligkeit es mindestens seltsam erscheinen läfst, dafs sie von unseren hervorragenden Selenographen übersehen werden konnten.

Welche Erfolge diese Thätigkeit bisher zu verzeichnen hatte, dafür enthält die angeführte Publikation zahlreiche interessante Beläge; die beiden Tafeln, welche den ersten Ergebnissen dieser Arbeiten gewidmet sind, stellen die bedeutendsten Leistungen auf dem Gebiete der Mondzeichnung dar. Sie sind bisher weder erreicht noch übertroffen und werden überhaupt für lange Zeit als Grenze des Erreichbaren zu bezeichnen sein. Von der Vielartigkeit des Details, aber auch von der Schwierigkeit der Ausführung, wird man sich eine Vorstellung machen

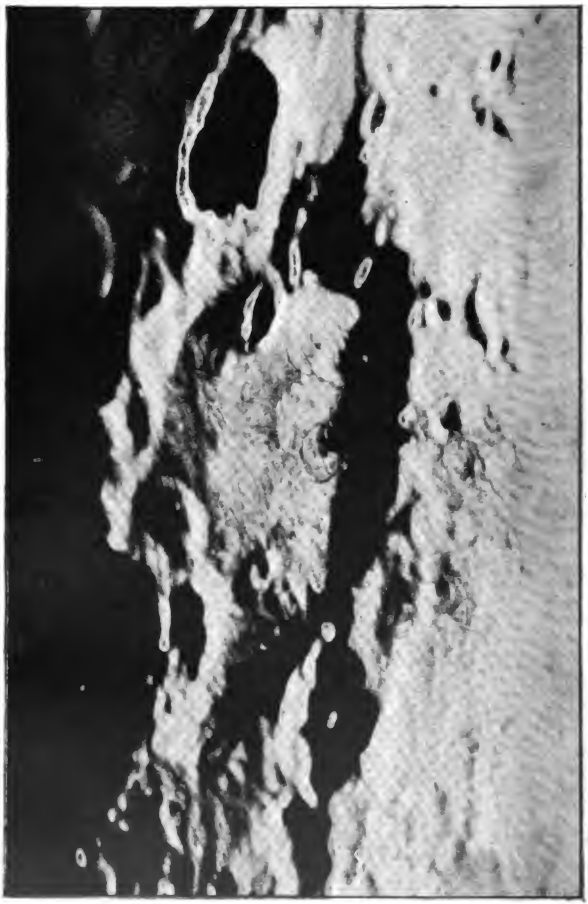
Digitized by Google

können, wenn man das diesem Hefte beigegebene Bild einer einzigen Ringebene sorgsam studirt; der Gesamteffekt, der Eindruck des Plastischen ergiebt sich hingegen besser bei der Betrachtung aus einiger Entfernung und hat eine überraschende Aehnlichkeit mit dem Fernrohrbilde bei den stärksten Vergrößerungen.

Besonderer Erwähnung werth erscheint noch ein zweites Verfahren, welches einer Nachbildung des Mare Crisium zu Grunde liegt. Das Original wurde derart gewonnen, dafs die betreffende Partie der Platte viermal vergrößert photographirt und dann in möglichst lichter Nüancirung auf Salzpapier übertragen wurde. Die besonderen Feinheiten des Detail wurden dann auf dem Wege der Retouche eingetragen, so dafs die Arbeit einem vollständigen Neumalen fast direkt gleich kam. Der fühlbarste Mangel dieses Verfahrens besteht jedoch darin, dafs die Vergrößerung nicht erheblich weiter getrieben werden kann; dasselbe steht also hinter der Herstellung einer direkt vergrößerten Zeichnung mit nachfolgender Tuschirung in dieser Beziehung wesentlich zurück.

Einige Worte mögen der Erläuterung unserer Beilage dienen. Das Original derselben, von welchem ein photographischer Abzug von Herrn Professor Weinek freundlichst zur Veröffentlichung überlassen wurde, hat etwa 120 Arbeitsstunden zur Vollendung beansprucht und reiht sich in jeder Beziehung den übrigen bisher fertiggestellten Bildern würdig an, namentlich auch dem in der Publikation heliographisch reproduzirten Bilde der Wallebene Petavius. Vendelinus ist eine grofse, unregelmäfsig gestaltete Wallebene nahe am Westrande des Mondes, mit mäfsig hohem, wenig terrassirtem Walle, der von zahlreichen Thälern durchbrochen wird und sich theilweise bis zu einer Höhe von 1800 m über das Innere erhebt. Der Rand wird im Süden (oben) von einigen kleinen Hügeln und Kratern gebildet, theilweise auch von einer bedeutenden Ringebene, die in ihrer charakteristischen Form deutlich zu erkennen ist, während das Innere mit tief dunklem Schatten erfüllt erscheint. Im Norden (unten) besteht der Rand aus einer sanft ansteigenden Höhe, die mit einigen Hügeln und kraterähnlichen Vertiefungen durchsetzt ist, während sich an denselben im Osten zwei bedeutende Ringebenen anschliefsen. Eine Centralspitze fehlt, dafür zeigt aber das Innere eine aufserordentlich grofse Zahl von Unregelmäfsigkeiten und niedrigen Höhenrücken, aufserdem auch einen kleinen Krater. Die eigenartigsten Gebilde aber, auf welche hier besonders hingewiesen sein möge, sind schwache, unregelmäfsig gekrümmte, rillenähnliche Linien, die in ihrem Charakter vollständig ausgetrockneten Flufsbetten gleichen. Obgleich es schwierig ist, die Realität dieser Gebilde mit

Digitized by Google



Vendelinus.

Reproduction einer Tuschirung in 20-facher Vergrößerung nach der im Focus des 36-zölligen Refractors der Lick-Sternwarte aufgenommenen Mondphotographie vom 31. August 1890, von Prof. Dr. L. Weinek in Prag.

Digitized by Google

Sicherheit nachzuweisen, hat Professor Weinek doch auf verschiedenen Photographien schon übereinstimmend gewisse Züge derselben identifiziren können, so dafs an ihrer Existenz an sich kaum ein Zweifel bestehen dürfte. Nichtsdestoweniger ist von verschiedenen Seiten bereits der Einwand geltend gemacht worden, dafs man es hier lediglich mit Fehlern in der photographischen Schicht zu thun habe. Dem kann aber entgegengehalten werden, dafs thatsächlich, wie es scheint bereits mit Erfolg, in einigen Fällen auch optisch die Identifizirung gelungen ist. Andererseits bietet die aufserordentliche Erfahrung, welche Professor Weinek zur Seite steht, eine sichere Gewähr dafür, dafs diese rillenähnlichen Objekte nicht blofse Phantasiegebilde vorstellen.

Einige Bemerkungen allgemeinerer Natur bezüglich der Möglichkeit, derartige winzige Einzelnheiten auch optisch mit Sicherheit zu erkennen, werden indessen nicht überflüssig erscheinen. Der typische Charakter der Mondformationen ist in der überwiegenden Zahl der Fälle die Kreisform. Während diese charakteristische Durchschnittsform bei den Gebilden nahe der Mondmitte ohne weiteres erkennbar ist, mufs eine starke perspektivische Verkürzung derselben am Mondrande eintreten; sie erscheinen dort als schmale, langgestreckte Ellipsen. Naturgemäfs wird hier auch alles andere Detail in ähnlicher Weise beeinflufst werden, weil der Gesichtswinkel für eine Region von bestimmter Gröfse bei mehr centraler Lage erheblich gröfser sein wird, als wenn sich dieselbe dicht am Mondrande befindet.

Hierzu kommt, dafs die Mondachse gewissermafsen um eine mittlere Lage scheinbar unregelmäfsig hin- und herschwankt, eine Ungleichheit, die unter dem Namen „Libration“ bekannt ist. Diese hat zur Folge, dafs beispielsweise ein Krater, der in einem bestimmten Augenblick genau in der Mitte der scheinbaren Mondscheibe liegt, bald in dieser, bald in jener Richtung um ein kleines Stück gegen den Mondrand hin verschoben erscheint. So kommt es, dafs thatsächlich nur etwa $^3/_7$ statt der Hälfte der Mondoberfläche dauernd unsichtbar bleiben.

Es ist hiernach leicht erklärlich, dafs die an sich schon stark verkürzt erscheinenden Gebilde am Mondrande in ihren Sichtbarkeitsverhältnissen durch die Wirkung der Libration wesentlich beeinträchtigt werden können, wogegen sie zu anderen Zeiten wieder die denkbar günstigsten Verhältnisse für die Beobachtung darbieten werden, sobald sie nämlich dem Centrum der Mondscheibe näher gerückt erscheinen.

Digitized by Google

Für die in der Mitte derselben gelegenen Regionen ist diese Einwirkung naturgemäfs viel unbedeutender.

Erheblich gröfser ist der Einflufs, welchen die Beleuchtung und der Zustand der Atmosphäre auf die jeweiligen Sichtbarkeitsverhältnisse ausüben. Die feineren Einzelheiten beispielsweise, welche in der Nähe von Bergzügen liegen, werden erst dann sichtbar, wenn sie aus dem Schatten derselben herausrücken, wenn also die Sonne hinreichend hoch steht; dann sind aber für dieselben die Beleuchtungsverhältnisse an sich schon nicht mehr die günstigsten zu nennen. Dazu kommt, dafs bei verschiedenartigem Sonnenstande ein und dasselbe Gebilde einen ganz veränderten Anblick bietet. Auch hierfür enthält die Prager Publikation zwei sehr interessante Beispiele. Archimedes und Arzachel, zwei schöne Ringebenen im südlichen Theil der sichtbaren Mondscheibe, die in zehnfacher Vergröfserung nach Mondphotographieen vom 15. und 27. August 1888 gezeichnet sind, zeigen die verschiedenartigen Beleuchtungsverhältnisse bei Sonnen-Aufgang und -Untergang und gleichzeitig die Einwirkung der Libration auf das allerdeutlichste.

Während man sich aber von dem Einflufs der Beleuchtung und den Librationswirkungen durch Beobachtung in verschiedenen Lunationen vollständig frei machen kann, sind die Schwierigkeiten, welche sich dem Erkennen der zartesten Einzelheiten infolge mangelhaften Luftzustandes entgegenstellen, rein zufälliger Natur und insofern schwieriger zu überwinden. Man bedenke, dafs von den erwähnten rillenähnlichen Gebilden einige auf dem Original nur eine Breite von etwa 0,005 mm und in der Zeichnung, welche einer etwa tausendfachen Okularvergröfserung entspricht, eine solche von 0,1 mm haben, während man bei optischer Betrachtung in den weitaus meisten Fällen mit Erfolg nur eine etwa dreihundertfache Vergröfserung anwenden kann. Es gehören thatsächlich aufserordentlich lichtstarke Instrumente und günstigste atmosphärische Bedingungen dazu, um die Identifizirung dieser „Flufsläufe“ mit voller Sicherheit zu erlangen, wenn nicht gerade die Beleuchtungswirkungen ganz ausgezeichnete sind.

Nach diesen Bemerkungen wird man es verständlich finden, dafs die Frage bezüglich der Realität dieser rillenähnlichen Objekte in jeder Beziehung der sorgfältigsten objektiven Prüfung nach allen Seiten hin bedarf, und dafs es geboten erscheint, die dahin zielenden Untersuchungen mit vollem Eifer und unverzüglich in Angriff zu nehmen.

G. Witt.

Digitized by Google

Von der Pariser Akademie ertheilte Preise.

Laut Bericht in No. 25 der Comptes rendus (Tome CXV) sind am Schlufs des vorigen Jahres folgende Preise für hervorragende Leistungen in der Astronomie zuerkannt worden.

Der Lalande-Preis wurde zweimal vertheilt, und zwar an Prof. Barnard von der Lick-Sternwarte für seine Entdeckung des fünften Jupitertrabanten und zahlreicher Kometen, sowie an Prof. Dr. Max Wolf in Heidelberg für seine Entdeckungen kleiner Planeten mit Hilfe der Photographie.

Auch der Preis Damoiseau wurde zweifach vertheilt, und zwar zunächst an M. Radau in Paris für eine die Theorie der Mondbewegung wesentlich fördernde Preisschrift, und aufserdem an M. Leveau zu Paris in Anerkennung seiner Arbeiten über den Kometen d'Arrest und die Bewegung der Vesta.

Der Preis Valz wurde M. Puiseux in Paris zuerkannt, welcher eine sorgfältige Theorie des neu erfundenen „Equatorial coudé" ausgearbeitet und damit dieses von uns im zweiten Jahrgang (S. 573) beschriebene Instrument für exakte Messungszwecke verwendbar gemacht hat.

Prof. Tacchini in Rom endlich wurde für seine vorwiegend spectroskopischen Beobachtungen der Protuberanzen und für allgemeine Verdienste um die Entwicklung der astronomischen Forschung in Italien durch Verleihung des 1886 von M. Janssen gestifteten Preises ausgezeichnet.

Neu ausgeschrieben wurde der Preis Damoiseau. Derselbe soll im Jahre 1894 dem Erfinder einer abgekürzten Methode der Störungsrechnung für kleine Planeten, im Jahre 1896 aber dem Autor einer Abhandlung zuerkannt werden, welche die Erscheinungen des Halleyschen Kometen mit Berücksichtigung der Anziehung des Neptun bis zum Jahre 1456 zurückverfolgt und auf Grund dieser Untersuchung eine genaue Vorausberechnung der im Jahre 1910 zu erwartenden Wiederkehr des Kometen giebt.

Die übrigen Preise werden 1893, wie alljährlich, denjenigen Astronomen zugesprochen werden, welche die bedeutsamsten wissenschaftlichen Leistungen des gegenwärtigen Jahres aufzuweisen haben werden.

Digitized by Google

Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit Hertzscher Wellen haben die bekannten Genfer Physiker Sarasin und de la Rive neue Experimente[1]) angestellt, welche wohl den grofsartigsten Versuch bedeuten, jene langen Wellenzüge zu verfolgen, die, von einem elektrischen Funken ausgehend, den Raum mit der Geschwindigkeit des Lichtstrahls durcheilen, ohne jedoch unserem Auge sichtbar zu sein. Dafs ihnen diese Geschwindigkeit zukomme, ist allerdings eine Behauptung, welche durch die Versuche erst erwiesen werden sollte, die aber durch frühere Untersuchungen über die Fortpflanzung elektrischer Wellen längs metallischer Leiter und zum Theil auch schon durch Versuche im freien Luftraume wahrscheinlich gemacht war. Sollten — und hierauf kam es nunmehr an — auch längere Wellen auf eine längere Strecke hin verfolgt werden, so war es nöthig, die Dimensionen der spiegelnden Metallflächen, welche schon bei den Hertzschen Versuchen keineswegs gering waren, noch weiter zu steigern. Die Stadt Genf stellte den beiden Forschern zu diesem Zwecke eine geräumige, augenblicklich noch nicht benutzte Maschinenhalle zur Verfügung. In diesem gröfsten aller physikalischen Arbeitsräume wurde eine Wand in einer Höhe von acht Metern und einer Breite von sechzehn Metern mit Zinkplatten bedeckt. Gegenüber der Mitte dieses „Spiegels", dessen kleine Unebenheiten gegenüber den grofsen Wellenlängen durchaus nicht in Betracht kommen, wurde in einem Abstande von 15 Metern der Schwingungserreger aufgestellt, welcher wie gewöhnlich aus zwei einander benachbarten Metallkörpern besteht, zwischen denen die Funken eines Rhumkorffschen Apparates überspringen. Diese Funken repräsentiren elektrische Schwingungen, d. h. der elektrische Ausgleich zwischen dem positiven und dem negativen Metallkörper findet durch den Funken in der Weise statt, dafs die Elektrizität einige Male hin und her geht, ehe sie zur Ruhe kommt. Die so entstehenden elektrischen Störungen breiten sich aus, werden von der Metallwand reflectirt, und es entstehen in bekannter Weise durch das Zusammenwirken der primären und der zurückgeworfenen Störungen stehende Wellen. Recht gleichmäfsig und kräftig waren die von den Verfassern erhaltenen Schwingungen auch infolge des Umstandes, dafs sie die Funken nicht in der freien Luft, sondern innerhalb eines mit Oel gefüllten Gefäfses überspringen liefsen. Die Untersuchung der stehenden Wellen erfolgte mittelst der Hertzschen Resonatoren, kreisförmiger Drahtstücke, welche in einem Falle einen

[1]) Comptes Rendus. 26. Dezember 1892.

Digitized by Google

Radius von 25, in einem zweiten einen solchen von 37 Centimetern hatten. Das Mitschwingen der Elektrizität in solchen Resonatoren wird dadurch erkennbar, dass an einer kleinen Unterbrechungsstelle des Metallkreises ein Fünkchen auftritt, und da dieses Fünkchen am stärksten ist, wenn der Resonator an dem Orte eines Schwingungsbauches steht, während es im Schwingungsknoten ganz erlischt, so ist man im stande, den ganzen Verlauf der stehenden Welle zu untersuchen. Die Bahn der stärksten Wirkung, welche sich zwischen der Spiegelmitte und dem Schwingungserreger befindet, ist nun wegen der grofsen Dimensionen des Spiegels nicht ohne weiteres zugänglich; sie befindet sich in einer Höhe von vier Metern über dem Fufsboden; es wurde deshalb um diese optische Achse herum ein besonderer Beobachtungstunnel gebaut, dessen aus Holz und Pappe bestehende Wände die elektrischen Wellen nicht im mindesten stören, während sie durch den völligen Ausschlufs des Tageslichtes die Beobachtung der kleinen Fünkchen begünstigen. Gleichzeitig dient dieser Tunnel zur Aufnahme einer Art optischen Bank, welche eine Verschiebung der Resonatoren und eine Bestimmung ihres Abstandes vom Spiegel gestattet.

Das Eigenartige dieser Versuche kommt einem besonders zum Bewufstsein, wenn man sich vorstellt, wie die Forscher sich in diese Dunkelkammer hineinbegeben und dort an ihren Drahtstücken einmal ein Fünkchen entdecken, an einem anderen Punkte das Ausbleiben desselben beobachten, während doch alle erregenden Apparate aufserhalb der Kammer stehen! — Es ergab sich, dafs für beide Resonatoren die Stärke der Einwirkung in den verschiedenen Punkten ziemlich gut durch eine Wellenlinie dargestellt wurde, und zwar lagen für den kleineren Resonator die Schwingungsknoten und -bäuche in Abständen von je einem Meter; der erste Schwingungsknoten liegt immer im Spiegel selbst. Die Länge einer ganzen Welle, d. h. der doppelte Abstand von zwei auf einander folgenden Knoten beträgt somit vier Meter, oder das Achtfache des Kreisdurchmessers. Entsprechendes ergab sich auch für den grofsen Resonator. Die Wellen liefsen sich in beiden Fällen bis zum Abstand von etwa acht Metern verfolgen.

Da diese Resultate in vollkommener Uebereinstimmung mit denjenigen stehen, welche von denselben Forschern bei den an Drähten angestellten Versuchen erhalten worden sind, so ist die Gleichheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem einen und anderen Falle nachgewiesen, und so mit Hülfe dieser Apparate, zu deren Dimensionen

Digitized by Google

die experimentellen Ergebnisse, äufserlich betrachtet, in einem Mifsverhältnifs zu stehen scheinen, ein neuer Beleg für die Richtigkeit der von Faraday und Maxwell entwickelten und jetzt von dem Namen Hertz getragenen Anschauungen geliefert. Sp.

Verzeichnifs der vom 1. August 1892 bis 1. Februar 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

André M. C., Météorologie Lyonnaise 1887—1890, Lyon, Delaroche 1889, 90 u. 91.

André M. C., Relations des Phénomènes Météorologiques deduites de leurs Variations diurnes et annuelles. Lyon, F. Plan, 1892.

André M. C., Travaux de l'Observatoire de Lyon, H. George, 1892.

Annuaire de l'Observatoire Municipal de Montsouris pour les Années 1892 bis 1893, Paris, Gauthier-Villars et Fils.

Aschieri T., Effemeridi del Sole e della Luna per L'Orizone di Torino e per l'Anno 1893, Torino, C. Clausen, 1893.

Balbis Allgemeine Erdbeschreibung, Lieferung 11—18, Wien, A. Hartleben, 1892.

Berzelius J., Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur mit einander verbunden sind. (1811—1812). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Brester A., Théorie du Soleil, Deel I, No. 3. Amsterdam, J. Müller, 1892.

Bunsen und H. E. Roscoe, Photographische Untersuchungen 1855—1859 (Zweite Hälfte). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Bureau des Longitudes, Annuaire pour l'An 1893, Paris, Gauthier-Villars et Fils.

Cantor M., Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. 1. Band von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1200 n. Chr., 2. Band von 1200—1668, Leipzig, B. G. Teubner, 1892.

Figee und Onnen, Vulkanische Verschijnselen en Aardbevingen in den O. J. Archipel, Waargenomen Gedurende het Jaar 1891.

v. Gothard E., Das Spektrum des neuen Sterns in Auriga im Vergleich mit demjenigen einiger planetarischer Nebel, Berlin, Friedländer & Sohn, 1892.

v. Gothard E., Meteorologische Beobachtungen an dem Astrophysikalischen Observatorium zu Herény im Jahre 1890, Budapest, Heisler, 1892.

Haas H., Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde. I. Band mit 55 Abbildungen, Berlin, Verein der Bücherfreunde, 1893.

Haas, Katechismus der Geologie, 5. Auflage. Mit 149 in den Text gedruckten Abbildungen, einer Tafel und einer Tabelle, Leipzig, J. J. Weber, 1893.

Hale G. E., Photographs of Solar Phenomena, Reprint from Astronomy and Astrophysics No. 107.

Hale G. E., A remarkable Solar Disturbance.

Hale G. E., The Ultra-Violet Spectrum of the Solar Prominences.

Hale G. E., Photographs of Solar Phenomena obtained with the Spectroheliograph of the Kenwood Astrophysical Observatory.

Hall A., Observations of Double Stars made at the United States Naval Observatory, Part II 1880—1891, Washington, Government Printing Office, 1892.

Digitized by Google

Hoogewerff J. A., Magnetic Observations at the United States Naval Observatory 1891, Washington, Government Printing Office, 1892.

Hübners Geographisch-statistische Tabellen aller Länder der Erde, 41. Ausgabe für das Jahr 1892, herausgegeben von Professor Dr. Fr. von Jurascheck, Frankfurt a. M., H. Keller, 1892.

Jacoby H., The Rutherfurd Photographic Measures of the Stars about β Cygni. New-York, Academy of Sciences, 1892.

Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Jahrgang 1890, Wien, i. C. b. W. Braunmüller, 1892.

Kolbe B., Einführung in die Elektrizitätslehre. I. Statische Elektrizität. Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten, Berlin, J. Springer, 1893.

Kopske W., Die photographische Retouche in ihrem ganzen Umfange, Band I und II. Berlin, Oppenheim, 1890 und 91.

Lagrange, Etude sur le Système des Forces du Monde physique. Bruxelles, F. Hayez, 1892.

Lamberts Photometrie 1760, Theil 1—7. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Lavoisier und De Laplace, Zwei Abhandlungen über die Wärme 1780 und 1784. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig. W. Engelmann, 1892.

Lohrmann W. G., Mondkarte in 25 Sectionen und 2 Erläuterungstafeln, herausgegeben von Dr. J. Schmidt. Neue wohlfeile Ausgabe mit einem Vorwort von Ebert. Leipzig, A. Barth, 1892.

Luzi W., Ueber künstliche Corrosionsfiguren am Diamanten, Berlin, A. W. Schade, 1892.

Mechsner R., Karte des in Deutschland sichtbaren Sternenhimmels, Berlin, D. Reimer, 1893.

Meteorological Observations and Results at the United States Naval Observatory 1888.

Müller F., Zeittafeln zur Geschichte der Mathematik, Physik und Astronomie bis zum Jahre 1500, mit Hinweis auf die Quellenlitteratur. Leipzig, B. G. Teubner, 1892.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie, herausgegeben von H. C. Vogel, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Pasteur L., Die in der Atmosphäre vorhandenen organischen Körperchen, Prüfung von der Lehre der Urzeugung, 1862. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Pfeil L. Graf von, Die Lufthülle der Erde, der Planeten und der Sonne, Berlin, F. Dümmler, 1892.

Pfeil L. Graf von, Temperaturveränderungen auf der Erdoberfläche und Erdmagnetismus, Polarlicht und damit verbundene Vorkommnisse, Leipzig, E. H. Mayer.

Pfeil L. Graf von, Kometische Strömungen auf der Erdoberfläche und das Gesetz der Analogie im Weltgebäude. 4. Auflage, F. Dümmler, 1891.

Reyer E., Ursachen der Deformationen und der Gebirgsbildung, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Reyer E., Geologische und geographische Experimente, II. Heft, Vulkane und Masseneruptionen. Leipzig, 1892.

Ricco A., Fumo di Vulcano veduto dall' Osservatorio di Palermo durante l'eruzione del 1889, Roma, 1892.

Ricco A, La Grandissima Macchia Solare del Febbraio 1892.

Digitized by Google

Ricco A. e G. Mercalli, Sopra il Periodo Eruttivo dello Stromboli Cominciato Jl 21. Giugno 1891, Roma, 1892.

Rizzo G. B., Osservazioni Meteorologiche fatte nell' anno 1891 all Osservatorio della R. Universita di Torino. Torino, C. Clausen, 1892.

Schütt F., Das Pflanzenleben der Hochsee, mit 35 Textabbildungen und einer Karte des Nordatlantischen Ozeans, Kiel, Lipsius & Tischer, 1893.

Schurtz H., Katechismus der Völkerkunde. Mit 67 in den Text gedruckten Abbildungen, Leipzig, J. J. Weber, 1893.

See J. J., Die Entwickelung der Doppelstern-Systeme, Berlin, i. C. b. Friedländer & Sohn, 1893.

Shinn M. W., The Lick Astronomical Department of the University of California, San Francisco, Bacon. 1892.

Smithsonian Institution, Annual Report 1890, Washington, 1891.

Sohncke, Gemeinverständliche Vorträge aus dem Gebiete der Physik. Mit 27 Abbildungen im Text, Jena, H. Fischer, 1892.

Tetens O., Untersuchungen über den Gang der Hauptuhr der Bothkamper Sternwarte, Leipzig, W. Engelmann, 1892.

Valentiner W., Veröffentlichungen der Grofsherzogl. Sternwarte zu Karlsruhe. 4. Heft, Karlsruhe, i. C. b. G. Braun, 1892.

Violle J., Lehrbuch der Physik. Erster Theil: Mechanik, II. Band. Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper. Mit 309 Textfiguren, Berlin, J. Springer, 1893.

Weinek L., Astronomische Beobachtungen an der K. K. Sternwarte in Prag in den Jahren 1888, 89, 90 und 91, nebst Zeichnungen und Studien des Mondes. Prag, A. Haase, 1893.

Wernicke A., Beiträge zur Theorie der centro-dynamischen Körper, Braunschweig, J. H. Meyer, 1892.

Wittwer W. C., Grundzüge der Molekular-Physik und der Mathematischen Chemie, 2. Auflage, Stuttgart, K. Wittwer, 1893.

Zech und Cranz, Aufgaben aus der theoretischen Mechanik, Stuttgart, 1891.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Felsenthor an der Küste der Insel Wight.

(Nach einer Photographie.)

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von **F. K. Ginzel**, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

In den folgenden Aufsätzen wird der Versuch gewagt, das überaus reichhaltige und vielfach in Zeitschriften und Werken zerstreute Material von Ansichten, welche über die Entstehung der Welt und namentlich unseres Sonnensystems seit dem Erscheinen der Kant-schen „Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755) geäufsert worden sind, in knapper Form zusammenzufassen und den Lesern dieser Zeitschrift hiermit eine Uebersicht des derzeitigen Standes der Weltbildungsfrage vorzulegen. Die älteren, vor Kant datirenden Hypothesen sind nicht in den Bereich der Darstellung gezogen worden, da sie unseren heutigen wissenschaftlichen Begriffen schon zu ferne liegen und manche selbst noch ohne Kenntnifs des Gravitationsgesetzes entstanden sind. Es ist ferner hier nicht überflüssig, hervorzuheben und zu erinnern, wie sehr gerade auf dem hier zu behandelnden Gebiete der astronomischen Wissenschaft, der Kosmogonie, durch Hypothesen aller und oft zweifelhaftester Art grobe Verstöfse gegen die Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit begangen worden sind. In der That würde es unmöglich sein, und nebenbei bemerkt, auch ohne wissenschaftlichen Gewinn an der Sache selbst, die Menge der existirenden Theorien innerhalb des Rahmens einer Zeitschrift vollständig anzugeben; vielmehr verdienen nur solche Hypothesen wissenschaftliche Berücksichtigung, deren Durchführungsart die meiste Garantie für den logischen Aufbau der Schlufsfolgerungen bietet und deren Konsequenzen mit unseren gegenwärtig aus den Beobachtungen gezogenen Vorstellungen über die Beschaffenheit des Kosmos halbwegs im Einklange stehen.[1])

[1]) Eine besonders eingehende Kritik der zur Sprache kommenden Theorien konnte in den folgenden Aufsätzen, wo die Darstellung der Theorien

Digitized by Google

I. Charakterisirung der hauptsächlichsten Weltbildungstheorien.

„Bei Beantwortung der Frage, wie sich die Welt aus dem Urstoffe gebildet hat, handelt es sich für die Wissenschaft eigentlich um den Nachweis der Existenz von Grenzen für die Tragweite der Naturgesetze, welche den Verlauf alles gegenwärtig Geschehenden beherrschen; ob diese Gesetze auch in der Vorzeit von jeher giltig gewesen sein können, und ob sie es auch in der Zukunft immer werden sein können, oder ob bei Voraussetzung einer ewig gleichmäfsigen Gesetzmäfsigkeit der Natur unsere Rückschlüsse aus den gegenwärtigen Zuständen auf die der Vergangenheit und Zukunft uns nothwendig auf unmögliche Zustände und die Nothwendigkeit einer Durchbrechung der Naturgesetze, eines Anfanges, der nicht mehr durch die uns bekannten Vorgänge herbeigeführt sein könnte, zurückleiten. Die Anstellung einer solchen Untersuchung über die mögliche oder wahrscheinliche Vorgeschichte der jetzt bestehenden Welt ist also von Seiten der Wissenschaft keine müfsige Spekulation, sondern eine Frage über die Grenzen ihrer Methoden und die Tragweite der zur Zeit gefundenen Gesetze.“ (Helmholtz.)

Die Gründe für das Vorhandensein derselben Naturgesetze bei der Bildung des Sonnensystems, die noch heute in demselben unaufhörlich walten, also für eine völlig gesetzmäfsige Entwickelung der Planetenkörper, fand der grofse Königsberger Philosoph aus einer allgemeinen Betrachtung des Baues und der Beschaffenheit der uns umgebenden Planetenwelt. Einer solchen Betrachtung drängt sich zunächst die Gleichsinnigkeit der Bewegung der Hauptplaneten und ihrer Satelliten, sowohl um die Sonne wie um ihre eigenen Axen selbst, auf, sodann die geringe Abweichung der Ebenen von einander, in welchen sie ihre Bewegung vollziehen. Ferner leiten Beobachtungen über die Gestalt und die physische Beschaffenheit der Planeten zu

selbst schon beträchtlichen Raum einnimmt, nicht unternommen werden. Die eingestreuten Bemerkungen werden indefs hinlänglich über den Werth einzelner Hypothesen instruiren. Was von einem allgemeineren Standpunkte aus über den Gegenstand zu sagen ist, wird in einem besonderen Abschnitte des letzten Aufsatzes dargelegt werden. — Einen ähnlichen Versuch der Zusammenfassung der neueren kosmogonischen Theorien hat vor einigen Jahren C. Wolf in Paris gemacht (Les Hypothèses cosmogoniques. Paris 1886). Der Leser wird finden, dafs in den vorliegenden Aufsätzen noch erheblich mehr Material verarbeitet worden ist, als in dem letzteren Werke. Wer sich mit den Ansichten der Griechen, Römer u. s. w. über die Entstehung der Welt vertraut machen will, findet Näheres in der ersten Abtheilung des Buches von M. Faye: L'Origine du Monde. Paris 1885.

Digitized by Google

der Vermuthung, dafs die Stoffe, aus denen sie geformt sind, manche Verwandtschaft untereinander haben müssen, und da wir in der Gegenwart keinen dieser Stoffe im Weltraume konstatiren können, höchstens dem Weltraume eine aufserordentlich feinvertheilte Materie zuschreiben dürfen, so gelangen wir zu dem weiteren Schlusse, dafs die die Planeten bildenden Grundstoffe einstens im Weltraume aufgelöst vorhanden gewesen sein mögen und dafs sich aus ihnen unter der Herrschaft von Anbeginn an wirksam gewesener Kräfte die Planeten mit ihren gesetzmäfsigen Verhältnissen nach und nach entwickelt haben. Kant bedurfte also für den Aufbau seiner Hypothese nur zweier Voraussetzungen: dafs der weltbildende Stoff ursprünglich in feinster Vertheilung und verschiedenster stofflicher Beschaffenheit den Raum erfüllt habe, und dafs die Schwerkraft zwischen diesen zerstreuten Theilchen in Wirkung gewesen sei. Die stoffliche Verschiedenheit der Urpartikel wird denselben auch eine verschiedene Dichtigkeit gegeben haben, und im allgemeinen wird die Menge der dichteren Theilchen weniger zahlreich und im Raume zerstreuter gewesen sein, als jene von geringer Dichte. In einer so beschaffenen Urmaterie gehen aber vermöge der zwischen den Theilchen auftretenden Anziehung und Abstofsung sofort Bewegungen vor sich. Um Elemente dichter Art sammeln sich Partikel von minderer Schwere, diese selbst in Vereinigung mit den dichteren Elementen konzentriren sich an Stellen, wo Partikel von noch gröfserer Dichte bereits einen Sammelpunkt gebildet haben u. s. w. Schliefslich wird es einen Punkt geben, von dem aus die Anziehung stärker als an allen anderen Orten des Raumes wirkt; der in Bewegung gerathene Grundstoff wird sich dorthin senken, und die Bildung eines Centralkörpers ist in Vorbereitung. Andererseits bewirkt die Abstofsungskraft zwischen Theilchen gleicher Dichte eine Ablenkung ihres Falles zum Centralkörper. Es entstehen hierdurch wirbelartige Bewegungen, die Theilchen beschreiben unabhängig von einander krumme Linien, und dies Spiel dauert so lange, bis die einer gemeinsamen Bewegungsrichtung widerstrebenden Kräfte überwunden sind, die Theilchen einander nicht mehr durchkreuzen, vielmehr langsam in derselben Richtung parallel laufende Kreisbewegungen um das gemeinsame Centrum ausführen, d. h. der vermöge der allgemeinen Schwere kugelförmige Centralkörper zu rotiren beginnt. In diesem Centralkörper wird der gröfste Theil jener Partikel vereinigt sein, die sich durch grofse Schwere auszeichnen, denn diese können, weil sie weniger schnell von ihrem Wege abgelenkt werden als die von geringer Schwere, am meisten in den Centralnebel vordringen; die

Digitized by Google

anderen werden in weiteren Entfernungen davon schweben bleiben. Auf diese Weise erscheinen die Planeten von desto gröfserer Dichte, je näher der Sonne sie gebildet worden sind. Ferner werden die Kreise, in welchen die geeinigte Bewegung um den Centralkörper stattfindet, anfänglich in Ebenen liegen, die sehr verschieden gegen einander geneigt sind; allmählich aber wird sich aus der Verschiedenheit der Bewegungen eine Axe herausstellen, gegen welche hin sich die Partikel näher zusammendrängen, und es werden mehrere, von einander nicht viel abweichende Ebenen entstehen, auf denen die Kreisbewegung der Atome um den Centralnebel vor sich geht. Die Planetenbildungen werden somit zwischen diesen Ebenen hauptsächlich stattfinden. Die sich vermöge der Anziehung zusammensetzenden Massen werden, da die allgemeine Bewegung alles Stoffes in Kreisen um den Hauptnebel geschieht, eben in derselben Weise und in derselben Richtung ihre Bahn um den Centralnebel verfolgen. Demnach müssen die Bahnen der Planeten nahe kreisförmig sein und fast in einer und derselben Ebene liegen. In ähnlicher Weise, wie sich aus dem zerstreuten Urstoff der Centralnebel der Sonne und die Planeten sich bildeten, enstanden die Satelliten. Denn was die Sonne mit ihren Planeten im grofsen war, stellte ein Planet, der eine ausgedehnte Anziehungssphäre besafs, im kleinen dar. „Indem der sich bildende Planet die Partikel aus dem ganzen Umfange zu seiner Bildung bewegt, wird er aus dieser sinkenden Bewegung Umlaufsbewegungen, und zwar solche erzeugen, die eine gemeinschaftliche Richtung haben, und ein Theil dieser so bewegten Partikel wird die gehörige Mäfsigung des freien Kreislaufes bekommen und in dieser Einschränkung sich einer gemeinsamen Fläche nahe befinden. In dem Raume nahe um diese Fläche werden sich Monde bilden, wenn die Attraktion sich weit genug erstreckt". Mondbildungen können, da viel Stoff hierzu erforderlich ist und eine weite Sphäre der Attraktion bedingt wird, nur bei Planeten von grofser Masse (Jupiter, Saturn vorzugsweise) eintreten.

Dies sind die Grundgedanken der Kantschen Hypothese. William Herschel begann 30 Jahre nach dem Erscheinen der „Naturgeschichte und Theorie des Himmels" mit gewaltigen, von ihm selbst gebauten Teleskopen tiefer als alle Astronomen vor ihm in die Geheimnisse der Sternenwelt einzudringen. Die überaus merkwürdigen und mannigfaltigen Formen der Nebelflecke, die seine Instrumente enthüllten, leiteten auch ihn auf Ansichten über den Aufbau der

Digitized by Google

Welt.[2]) Er vermuthete in den formlosen grofsen Ballungen der helleren Nebel den Anfang von Prozessen zu werdenden Welten: Ansammlungen leuchtender Materie, in welcher Konzentrirungen stattfinden. Die wohlbegrenzten kleineren Nebel von kugelförmiger Gestalt waren ihm schon in der Kondensirung weit vorgeschrittene Körper, die in deren Nähe oft befindlichen Sterne, vielleicht Satelliten. Die planetarischen Nebel mit ihrem festen, vielfach abgeplattet erscheinenden Kerne und der feinen sie umgebenden Nebelhülle waren nach Herschel nahezu fertige, in der letzten Entwicklungsepoche begriffene Weltkörper.

Einundvierzig Jahre später als Kant, und zwar ganz unabhängig von diesem, und vielleicht nur angeregt durch die wunderbaren Herschelschen Entdeckungen, sprach der berühmte Verfasser der „Mechanik des Himmels", Pierre Simon Laplace in seiner „Exposition du Système du Monde" (1796) seine Ansicht über die Entstehung des Sonnensystemes aus.[3]) Der Urnebel war eine, den Nebelflecken ähnliche, elastische Gasmasse, deren Schichten sich in Rotation befanden. Laplace setzt also einen bereits existirenden und rotirenden Centralnebel (die Sonne) voraus und leitet nicht erst, wie Kant, dessen Entstehung ab. Ein solcher aus heifsen, dünnen Gasen bestehender Centralkörper wird seine Begrenzung da haben, wo die Centrifugalkraft der Schwerkraft das Gleichgewicht hält. Der Umschwung dieser Masse beschleunigt sich nach den Gesetzen der Mechanik in dem Mafse, als die Abkühlung der Gase an der Oberfläche vorwärts schreitet, wobei die Moleküle sich mehr dem Centrum nähern und die ursprüngliche Kugelgestalt eine erhebliche Abplattung erhält. Während der Abkühlung und zunehmenden Rotation werden von den Gasen, die sich bis an die Grenze ausbreiteten, wo die Centrifugalkraft der Schwere nach dem Centrum gleich war, Theile sich abgelöst haben, die frei um den Hauptkörper weitercirculirten. Es werden sich allmählich ganze Zonen, Ringe, von der Sonne getrennt haben, und die Reibung der darin enthaltenen Moleküle mufste die Bewegung aller schliefslich auf dieselbe Geschwindigkeit zurückführen. Die gegenseitige Attraktion der Moleküle zog einzelne Ringe zusammen in eine Masse, oder die Moleküle bildeten, ohne sich zu kondensiren, mit ihren zerstreuten Theilchen einen Ring, der mit der Abkühlung in einen flüssigen Zustand gerieth.

[2]) Philosoph. Transactions. 1811.

[3]) In der ersten Ausgabe dieses Werkes sind nur die Hauptideen der Theorie niedergelegt und erst in den Auflagen von 1808, 1813, 1836 wurden sie weiter entwickelt.

Digitized by Google

Die letztere Erscheinung ist seltener eingetreten (nur beim Saturnringe), da sie eine grofse Regelmäfsigkeit der Vorgänge verlangt; zumeist erfolgte nur die Kondensirung der Ringe in viele Massen, die mit wenig verschiedener Schnelligkeit um die Sonne circulirten. Bald erhielten diese letzteren Massen eine sphäroidische (abgeplattete) Form, und da ihre inneren Moleküle weniger Schnelligkeit hatten, wie die äufseren, auch eine mit dem Umschwung um die Sonne gleichsinnige Rotation; es entstanden, mit einem Worte, Planeten in heifsem, dampf- oder gasförmigen Bildungszustande. Die Bahnen dieser Urplaneten würden, wenn die Entwickelungen mit völliger Regelmäfsigkeit ihren Gang verfolgt hätten, Kreise sein, deren Ebenen, sowie die der Aequatoren der verschiedenen Planeten, mit dem Sonnenäquator zusammenfallen müfsten; aber die aufserordentliche Verschiedenheit der Temperaturen und der Dichten war die Ursache, dafs Abweichungen vom Kreise eintraten und die Bildung in mehreren, etwas von einander differirenden Ebenen Platz griff. Bei völliger Regelmäfsigkeit würden die Moleküle eines jeden Ringes sämtlich zu einer sphärischen Dampfmasse vereinigt worden sein, und wir würden in unserem Sonnensystem nur grofse Planeten haben; aber die Natur bietet uns in den vielen kleinen, zwischen Mars und Jupiter kreisenden Planetoiden auch den Fall einer Katastrophe, bei der ein einst vorhandener grofser Körper in viele Theile zersprungen sein mag.

Die beiden in Kürze auseinandergesetzten Weltbildungsansichten sind in ihrer Verbindung unter dem Namen der Kant-Laplaceschen Nebularhypothese wohl bekannt. Wenn diese Hypothese, um daraus die heute von uns beobachteten thatsächlichen Verhältnisse des Sonnensystems zu erklären, auch keineswegs ganz einwurfsfrei ist, wie wir später darlegen werden, so spricht doch eine Ueberzahl von Gründen für die Richtigkeit ihrer Hauptzüge. Es lassen sich aus ihr nicht blos die Gesetze der Planetenbewegung ableiten, sondern man gelangt mit ihr im allgemeinen auch zur Bestätigung der Schlüsse, welche das spektralanalytische Studium der Planeten- und Sternenwelt während der letzten dreifsig Jahre zu Tage gefördert hat. „Die Vorgänge in der Natur im weitesten Umfange scheinen uns, wenn wir sie rückwärts verfolgen, auf diese Hypothese allein zu führen, wie die Art und Weise des Gehens einer Uhr uns zu dem Schlusse führt, dafs sie einst aufgezogen wurde.“ (Newcomb). Es ist erklärlich, wenn gewisse Schwächen der mechanischen Seite der Nebularhypothese schon in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts, lange vor Begründung der Spektralanalyse, Angriffe hervorgerufen haben und wenn

Digitized by Google

sie, ihres unbestreitbaren inneren Werthes wegen, gegen letztere vertheidigt worden ist. Einer der eifrigsten und geschicktesten ihrer Verfechter war Friedrich Weifs;[4]) dieser bemühte sich, die völlig gesetzmäfsige Entwickelung der Planeten und Monde auf Grund der Prinzipien der Nebularhypothese strenge nachzuweisen, daraus die heutigen Massenwerthe der Planeten und Dichtigkeiten abzuleiten, die Bahnneigungen und Axenstellungen zu erklären, wobei ihm freilich auch manche Kreisschlüsse unterliefen; es gebührt ihm ferner das Verdienst, indem er seine Entwickelungen bis zur Darstellung der Oberflächenbeschaffenheit der Planeten, namentlich des Mondes und der Erde, verfolgt, die Nebularhypothese in ihren Konsequenzen erschöpfend behandelt zu haben.

Noch verständlicher in ihrem Wesen ist uns die Kant-Laplacesche Ansicht durch die Ausführungen von Helmholtz[5]) über das Gesetz von der Erhaltung der Kraft geworden. Nach diesem Gesetze, das wir später bei Betrachtung der Kosmogonie der Sonne näher auseinandersetzen wollen, besitzt das Weltall von Uranfang an einen gewissen, der Gröfse nach für alle Zeiten unveränderlich bleibenden Vorrath an Kraft, welcher während der Bildung des Sonnensystems zum grofsen Theil in Wärme verwandelt worden ist. In dem Ur-Nebelballe stiefsen nämlich die feinen Theilchen bei dessen Verdichtung aufeinander, die lebendige Kraft ihrer Bewegung wurde in Wärme umgesetzt, ein anderer Theil der Kraft aber blieb dem Sonnensysteme in der Anziehung der Planeten durch die Sonne und in anderer Form erhalten. Unter der Voraussetzung, dafs am Anfange die Dichte des Urnebels verschwindend gering gewesen sei gegen die heutigen Dichtigkeiten der Planeten und der Sonne, ergiebt die Rechnung, dafs gegenwärtig nur noch der 454. Theil der ursprünglichen mechanischen Kraft als solche existirt, und dafs das Uebrige, in Wärme umgesetzt, genügend sein würde, eine der Masse der Sonne und Planeten zusammen genommen gleiche Wassermasse um 28 Millionen Grad Cels. zu erhitzen. Eine solche enorme Wärmemenge würde die Kondensirung der planetarischen Körper auf ihre heutige Dichte nicht gestattet haben, sie mufste erst gröfstentheils in den Weltraum ausstrahlen und ging so für das Sonnensystem verloren, blieb aber dennoch dem Weltall erhalten. Die Sonne produzirt durch ihre fortschreitende Verdichtung auf viele Millionen Jahre hinaus noch die jetzige

[4]) Die Gesetze der Satellitenbildung. Gotha 1860.

[5]) „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte" und „Ueber die Erhaltung der Kraft" (Populäre wissensch. Vorträge II. Heft. 1876).

Digitized by Google

Wärme. Die anderen Glieder des Sonnensystems haben, weil die Anziehung der zur Verdichtung herangezogenen Massen bei ihnen geringer war, nicht zu so hohen Temperaturen gelangen können, die Erde bis auf 9000 Grad. Letztere, sowie die kleineren Planeten und der Mond, konnten sich schneller abkühlen und nahmen eine gröfsere Dichte an. Die sehr grofsen Massen des Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun hatten wahrscheinlich hohe Temperaturen und langsame Abkühlung, wie die Sonne, und zeigen darum, gleich der letzteren, eine geringe Dichtigkeit.

Diese Gedanken hat Newcomb[6]) benützt, eine allgemeinere Ansicht über die Bildungsweise der Weltkörper zu formuliren.

Danach repräsentiren die unregelmäfsigen grofsen Nebelflecke den primitiven Zustand der Materie, nämlich jenen, in dem infolge von Umsetzung mechanischer Arbeit in Wärme, der Aether des Weltraumes durch die Bewegung der Nebeltheilchen in Schwingungen versetzt wird, und die Nebel uns vermöge dieser Bewegungsform der Materie sichtbar erscheinen. Die Anziehungskraft bewirkt in solchen Nebeln mit der Zeit regelmäfsigere Formationen, Umbildungen in Spiral- und Ringnebel, oder durch Verdichtungen an einzelnen Centren Kernnebel und Nebelsterne. Die fortdauernde Verdichtungsarbeit erzeugt gröfstentheils Wärme, welche zur Verwandlung der Kernnebelmassen in den flüssigen Zustand führt. Es sind damit Sterne geschaffen, d. h. Körper aus glühend-flüssigen Stoffen, deren Temperatur eine so hohe ist, dafs die darin enthaltenen Elemente noch keine chemische Verbindungen unter einander eingehen können (Dissociation). Die weifsen Sterne befinden sich im höchsten Glühzustande, die rothen im kühlsten, am weitesten in der Entwickelung vorgeschrittenen Zustande. Mit der gesteigerten Ausstrahlung der Hitze und Abkühlung der Sternoberflächen konnten chemische Verbindungen und Niederschlagsprodukte entstehen. Die in Konzentration getretenen Nebel liefern aber auch, ganz im Sinne der Kant-Laplaceschen Hypothese, abgelöste Ringe, die entweder bestehen bleiben oder sich zu Trabanten zusammenballen. Der tellurische Zustand der Sterne tritt ein, sobald der Entwickelungsprozefs so weit vorgeschritten ist, dafs die Abkühlungsprodukte die ganze Oberfläche zu überdecken beginnen und eine feste Kruste sich vorbereitet. Ein so weit ausgebildeter Stern erlischt schliefslich für unser Auge, oder es finden auf ihm noch zeitweise Ausbrüche der glühenden Massen

[6]) Populäre Astronomie. I. Aufl. 1881.

Digitized by Google

statt (sog. neue Sterne). Die schweren chemischen Verbindungen lagern sich gegen das Centrum des Sternes, die leichteren an der Oberfläche, die Gase über der letzteren. Vielfache Wechselwirkungen der die Atmosphäre zusammensetzenden Gase und der festen Stoffe führen endlich für das werdende Gestirn die ersten Anfänge geologischer Epochen herbei.

Auch Faye[7]) läfst die Welt aus Urstoff, der mit dem Stoffe der heutigen Nebelflecke identisch ist, entstehen. Der Urnebel war schwach leuchtend, von wirbelartigen Bewegungen durchzogen, wie wir solche bisweilen in unserer Atmosphäre bemerken. Die meisten Spiral- und Ringnebel bildeten sich irregulär, nur dort, wo die Gestalt der Nebel sphärisch war, traten regelmäfsige Nebelringe auf. Die Wirbelbewegung führte zu einer Vielheit von grofsen Nebelmassen; aus einer der letzteren ging unser Sonnensystem hervor. Nur bis hierher zeigt die Fayesche Hypothese einigermafsen Aehnlichkeit mit der Newcombschen; ihre weiteren Ausführungen nehmen, wie wir im nächsten Aufsatze sehen werden, Stellung gegen die Nebularhypothese.

Während die bisher in Kürze erläuterten Theorien sämtlich von einem äufserst dünnen Centralnebel ausgehen und für die Bildung der Welt eine organische, durch Jahrtausende fortgesetzte Entwickelung dieses Nebels, mehr oder weniger mit Beibehaltung der Kant-Laplaceschen Ideen, annehmen, giebt es auch eine Anzahl Hypothesen, welche auf wesentlich anderen Voraussetzungen fufsen. Hierzu gehören die Hypothesen der Zusammenstöfse kosmischer Massen. Nach Crolls Meinung[8]) würde bei der Kollision zweier fester Körper von der halben Gröfse unserer Sonne die durch Stofs erzeugte Wärme so bedeutend sein, dafs beide Körper in Dampf verwandelt werden müfsten. Dieser Zusammenstofs würde auf 50 Millionen Jahre hinaus Wärme liefern, wenn man die Geschwindigkeit des Aneinanderprallens auf 200 engl. Meilen per Sekunde annähme, und für einen gröfseren Zeitraum müfste man diese hypothetische Geschwindigkeit noch beträchtlich erhöhen. Wird die Existenz solcher kosmischen Kollisionen und Geschwindigkeiten zugegeben, so würde also unsere heutige Sonne und der zum Aufbau des Sonnensystems nothwendig gewesene Urnebel das Resultat einer Katastrophe im Weltraume sein können. Allein an und für sich ist die Wahrscheinlichkeit von Zusammenstöfsen im Welt-

[7]) L'Origine du Monde, Paris 1885. Chapitre XIII.

[8]) On the probable origin and age of the Sun. (Quart. Journ. of Science. 1877).

Digitized by Google

gebäude und insbesonders für das Sonnensystem gering, ferner überschreiten die geforderten Geschwindigkeiten zwar nicht die Möglichkeit, liegen jedoch unter den wirklich beobachteten sehr hoch. Bei eruptiven Protuberanzen der Sonne sind Geschwindigkeiten bis zu 180 engl. Meilen wahrgenommen worden, bei einigen wenigen Kometen war die Schnelligkeit der Bewegung in der Sonnennähe beinahe der doppelte Betrag der Protuberanz-Geschwindigkeit. Abgesehen von alldem würde es zu einer Bildung von Planeten im Croll'schen Sinne wegen vorheriger Zerstreuung der Wärme im Raume gar nicht gekommen sein. Die Hypothese wird ferner erweitert durch die Behauptung, dafs auch Satelliten durch Kollisionen entstünden, dafs die Nebelflecke durch Zusammenstöfse ihr Dasein erhalten hätten, dafs aus einem völlig erkalteten Planetensysteme durch Zusammenstöfse eine neue Sonne hervorgerufen werden könne.

In neuerer Zeit hat Professor Ritter[9]) die Möglichkeit kosmischer Zusammenstöfse durch Rechnung darzuthun versucht. Unter gewissen Annahmen über die Beschaffenheit von Sternhaufen zeigt derselbe, dafs unter Umständen im Innern solcher Sternhaufen zwischen einzelnen Sternen beträchtliche Bewegungsgeschwindigkeiten entstehen können, schon bevor diese Körper in ihre gegenseitige Anziehungssphäre treten. Ritter ist geneigt, den kosmischen Zusammenstöfsen namentlich in Beziehung auf die Bildung der Nebelflecke einen wesentlichen Antheil einzuräumen.

Auch K. Braun stützt in seiner „Kosmogonie vom Standpunkte christlicher Wissenschaft" (Münster 1889)[10]) die Weltbildung auf Zusammenstöfse. Nach ihm haben einst viele grofse Nebelmassen existirt. Wenn sich einige derselben, die einander verhältnifsmäfsig nahe genug waren, verdichtet hatten, konnte die gegenseitige Anziehung so wachsen, dafs sie sich schnell einander näherten und schliefslich zusammenstiefsen. Die Spiralnebel denkt sich Braun auf solche Art entstanden. Was speziell unser Sonnensystem betrifft, so schätzt er aus der Entfernung der nächsten Fixsterne, dafs ein ursprünglicher

[9]) Zehnte Abhandlung der mathematisch-physikalischen Arbeit „Ueber die physische Konstitution gasförmiger Weltkörper" (Wiedemanns Annalen, neue Folge, vol. XII). Auf diese sehr interessanten, neunzehn Abhandlungen umfassenden Untersuchungen, welche die allermeisten kosmogonischen Fragen berühren, werden wir in den späteren Aufsätzen wiederholt zurückkommen.

[10]) So sehr ein „christlicher Standpunkt" bei vielen Dingen der Welt vielleicht seine Berechtigung hat, so soll doch bei wissenschaftlichen Untersuchungen keinesfalls irgend eine religiöse Anschauung, sondern nur die logische Behandlung des Gegenstandes mafsgebend sein. Im vorliegenden Falle wird die Entschuldigung dafür leichter, da der Verfasser nicht blos Priester, sondern zugleich ein verdienstvoller Gelehrter ist.

Digitized by Google

Nebelball unseres Systems solche Zusammenstöfse mit Massen aus der Entfernung von 50 Billionen Kilometer erlitten haben kann. Durch einige derartige Kollisionen könnte die Masse der Sonne, die ursprünglich klein gewesen sein mag, aufserordentlich vergröfsert worden sein; eine Rotation der Sonne wurde durch Zusammenstöfse nur in Ausnahmefällen herbeigeführt, wenn die Kollision nicht central, sondern in excentrischer Richtung erfolgte. Namentlich von einer aus grofser Entfernung durch Störungen der Fixsterne abgelenkten Masse konnte die Stärke und Richtung der Rotationsbewegung der Sonne entschieden werden. Die äquatoreale Zone der Sonne erhielt die letzte Zufuhr von Nebelmaterie aus dem Weltraume und besitzt, da diese Materie am spätesten der Sonne einverleibt worden ist, noch einen Theil des Geschwindigkeitsüberschusses, indem sie schneller rotirt als die polaren Zonen. In diesem rotirenden Sonnennebel bildeten sich verschiedene Kondensationscentra, keine Ringe; die Laplacesche Ringbildung sei unrichtig. Diese Centra mögen fünfmal weiter vom Sonnencentrum entfernt gewesen sein, als die Planeten heute von der Sonne abstehen, und jedem dieser Centra mag einer der grofsen Planeten entsprungen sein. Jeder sich bildende Planet war aber der Wirkung dreier Kräfte unterworfen: der Schwerkraft gegen die Sonne, der Fliehkraft und dem ärostatischen Auftriebe, welchen das um den Planeten befindliche, gegen das Sonnencentrum gravitirende Gas auf ihn ausübte. Mit zunehmender Dichte des Planetengasballes wurde der ärostatische Auftrieb im Verhältnifs zu den beiden anderen Kräften schwächer, die Schwerkraft bekam die Ueberhand und der werdende Planet ward näher zur Sonne herangezogen. Mit der Annäherung nahm auch die Fliehkraft zu und zwar mehr als die Schwerkraft, die Bewegung gegen die Sonne wurde langsamer und der Gasball hatte Zeit, seine Masse durch Anziehung weiteren, auf seinem Wege befindlichen Stoffes zu vermehren. Mit der weiter wachsenden Dichte wiederholte sich das Spiel der Bewegungen, und der Planetenball kam so allmählich in Spirallinien der Sonne näher. Durch die Aufnahme des gröfsten Theils des Urnebels seitens der Planeten auf ihren Wegen zur Sonne ist gegenwärtig im Sonnensysteme nur noch ein Rest der Nebelmaterie in der Korona - Umhüllung der Sonne vorhanden. Schliefslich hatten sich die Planeten der Sonne soweit genähert, dafs die Fliehkraft allein der Schwerkraft gleich wurde, dann folgten die Planeten in ihrer Bewegung dem dritten Keplerschen Gesetze.[11])

[11]) Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich wie die dritten Potenzen der mittleren Planetenentfernungen von der Sonne.

Digitized by Google

Ihre Rotation um sich selbst erlangten die Planeten durch den Widerstand, den sie vom Centrum der Sonne aus durch den daselbst verdichteten Nebelstoff erfuhren; indem sie ihre Bahn um die Sonne zu verfolgen suchten, war dieser Widerstand gröfser auf der ihr näher befindlichen Seite als auf der von ihr entfernten. Die daraus hervorgehende Hemmung soll der Antrieb zur Rotation gewesen sein.

Einige den Grundlagen der Braunschen Hypothese verwandte Anschauungen enthalten die verschiedenen Ausführungen von F. Kerz.[12]) Die Rotation des Sonnennebels wird durch einen Nebelball von sehr grofser Masse (der 500—1000fachen der Erde) bewirkt, welcher mit der Sonne in excentrischer Richtung zusammengestofsen sein soll. Die entstehende ungeheure Hitze löste den Sonnennebel in Dampf auf und gab ihm eine Ausdehnung bis zu den Grenzen des Sonnensystems. Das so entstandene rotirende Nebularellipsoid plattete sich ab, seine Umdrehungsaxe verkleinerte sich, es fanden „Schalablösungen" statt, deren Nachweis sich der Verfasser durch vielfache Rechnungen und Konjekturen zu erbringen bemüht. Solche Schalen findet er 15, von denen 9 zur Bildung der 8 Planeten gedient haben. Die ganze Hypothese hat, obwohl in den betreffenden Schriften das Gegentheil versichert wird, mit der Kant-Laplaceschen Nebularhypothese keine Gemeinschaft mehr.

Zum Schlufs müssen wir noch einer eigenthümlichen Weltbildungstheorie gedenken, die der kühne Umsegler Asiens, Professor Nordenskjöld in der dritten Abtheilung[13]) seiner „Studien und Forschungen" (Leipzig 1885) aufgestellt hat. Nordenskjöld ist durch zahlreiche Beobachtungen in Polargegenden zu der Ueberzeugung gelangt, dafs der dort stellenweise die Schneefelder bedeckende Staub kosmischen Ursprungs sei, d. h. der Erdoberfläche im Verlaufe der Zeit aus dem Weltraume zugeführt werde. Er ist der Meinung, dafs die Zahl der jährlich auf die Erde herabstürzenden Meteoriten und namentlich die Quantität des fallenden kosmischen Staubes eine viel gröfsere ist, als man sonst angenommen hat. Nach seinen Schätzungen würde die Erde jedes Jahr eine Zufuhr von mindestens zehn Millionen Tonnen solcher Stoffe aus dem Weltraume erhalten. Obwohl wir über die Form, in welcher der wahrscheinlich gegenwärtig noch in grofser Menge im Weltraume vorhandene, einstmals aber denselben ganz erfüllende kos-

[12]) Die Entstehung des Sonnensystems. Darmstadt 1877. — Nachträge 1884, 1888. — Weitere Ausbildung der Laplaceschen Nebularhypothese 1890.

[13]) Ueber die geologische Bedeutung des Herabfallens kosmischer Stoffe auf die Oberfläche der Erde.

Digitized by Google

mische Staub existirt, nichts näheres wissen, ist doch wahrscheinlich, dafs er wolkenartige Ansammlungen bildet. Eine solche Wolke fein vertheilter meteorischer Partikel von ungeheurer Ausdehnung stellte anfänglich unser Sonnensystem vor. Durch Attraktion der Partikel zog sich diese Wolke zusammen, ohne dabei zu einer besonders hohen Temperatur zu gelangen. Es bildete sich schliefslich ein fast scheibenförmiger Körper, der schwach um eine Axe rotirte. In diesem Körper konnten im Laufe der Zeit zerstreute Kerne durch Attraktion angesammelten Staubes entstehen, welche sich bisweilen vereinigten und ihre bei der Zusammenziehung entwickelte Wärme durch Ausstrahlung an den Weltraum verloren. Auf diese Weise sind die Planeten entstanden; sie sind nichts weiter als Aggregate kalter, fester, kosmischer Partikel. Eine Erhitzung trat erst ein, als feste Massen vorhanden waren; dieselbe wurde aber nie so bedeutend, dafs sie den ganzen Planeten hätte in den Schmelzungsprozefs versetzen können. Selbst für den gegenwärtigen Zustand der Sonne braucht man nach Nordenskjöld nicht ungeheure Temperaturen vorauszusetzen. Wenn angenommen würde, dafs neben den drei Aggregationszuständen aller Materie, dem festen, flüssigen und gasförmigen, noch ein vierter existirt, bei welchem äufsert fein vertheilter Stoff mit dem Weltäther verbunden ist (Nordenskjöld denkt hier an Crookes „strahlende Materie"), so könnten die Stoffe, die wir heute mit unseren Hilfsmitteln bei höchsten Hitzegraden nicht im stande sind zu verflüchtigen, schon bei der niedrigen anfänglichen Temperatur des Urnebels alle in jener Form vorhanden gewesen sein.

Die bisherigen Ausführungen unseres Artikels beschränkten sich darauf, eine kurze Skizzirung der hauptsächlichsten Weltbildungshypothesen zu geben und sollten nur dazu dienen, den Leser vorläufig auf dem Gebiete der Kosmogonie zu orientiren. Wir haben nun die Konsequenzen der einzelnen Anschauungen zu verfolgen und darzulegen, welche Ansichten aus ihnen betreffs der Entwickelung der Körper unseres Sonnensystems und der Sternenwelt, der Sonne, der Planeten und Satelliten, der Kometen und Meteore, sowie auch der Nebel und veränderlichen Sterne, hervorgehen. Zuerst wollen wir die Einwürfe betrachten, die gegen die Kant-Laplacesche Nebularhypothese gemacht worden sind, und die Modifikationen, die man diesbezüglich, namentlich über den die Ringbildung betreffenden Theil der Hypothese, vorgeschlagen hat.

Digitized by Google

Eine Amerikafahrt 1492 und 1892.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania
bearbeitet von
Dr. M. Wilhelm Meyer.
(Fortsetzung.)

Man bemühte sich, nach dem Kompafs genau westlich zu steuern; gutes Wetter und günstiger Ostwind kamen dem Unternehmen sehr zu statten.

Am 13. September machte nun Columbus eine bedeutungsvolle Wahrnehmung, die den ersten Anstofs zu vielseitigsten Beobachtungen um den ganzen Erdball herum gegeben hat. Er bemerkte nämlich nicht nur, dafs seine Magnetnadel, welche ja seine einzige Führerin war, nicht genau nach Norden hinwies, sondern dafs diese Abweichung auch eine Veränderung mit der geographischen Lage des Schiffes erfuhr. Er entdeckte die Declination der Magnetnadel, oder besser, die Variation der Deklination mit der geographischen Lage. Es mag hier, um Mifsverständnisse zu vermeiden, eingefügt werden, dafs der englische und mit ihm auch gelegentlich der deutsche Seemann die Deklination der Magnetnadel selbst als ihre „Variation" bezeichnet, während in der Wissenschaft dieses Wort allein nur die tägliche oder säkulare Veränderlichkeit der Richtung der Magnetnadel, d. h. der Deklination bedeutet. Diese Veränderlichkeit selbst scheint Columbus jedoch erst am 17. September erkannt zu haben. Er notirte in seinem Tagebuch 100 Leguen westlich von den Azoren eine magnetische Deklination von 11 °. Am 30. September findet er, dafs die Deklination 0 ° ist, was allerdings auf einem bedeutenden Beobachtungsfehler beruhte; es mufste 8 ° W. heifsen. Es scheint nun, dafs Columbus von nun an auf den Isogonen von 8 ° bis $5\frac{1}{2}$ ° weiter segelte.

Der Kompafs war den Chinesen bereits zu Anfang des zweiten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung bekannt, aber erst etwa zwei Jahrhunderte vor der Entdeckung Amerikas gelangte derselbe, wahr-

Digitized by Google

scheinlich wieder durch Vermittlung der Araber, zur Kenntnifs des Abendlandes und wurde alsdann von den Seefahrern benutzt.

Die Entdeckung jener hochwichtigen Thatsache der Veränderlichkeit der Magnetnadelweisung geschah durch Anvisiren gegen die Richtung des Polarsterns oder, wie der seemännische Ausdruck lautet, durch Peilung. Es war von höchstem Werthe, diese Thatsache entdeckt zu haben, und zwar vom theoretischen wie auch praktischen Standpunkte aus. Den Gelehrten wurde die erste Anregung gegeben, die Geheimnisse des Erdmagnetismus näher zu erforschen; die praktischen Seeleute erkannten hierdurch zuerst, dafs sie sich auf ihre Magnetnadel durchaus nicht allein verlassen dürfen, da der Weg, den sie ihnen weist, bei der nun entdeckten Veränderlichkeit ihrer Lage zum wahren Meridian offenbar keineswegs der gerade, d. h. kürzeste Weg sein kann; sie wurden dadurch auf die Nothwendigkeit astronomischer Beobachtungen auf hoher See hingewiesen.

Uebrigens ist bekanntlich der kürzeste Weg auf der Erdkugel nicht derjenige, welcher die Meridiane derselben unter stets gleichem Winkel schneidet, so dafs es ein Umweg wäre, einen Kurs zu segeln, der auf den Seekarten, die in Merkator-Projektion ausgeführt sind, als gerade Linie erscheint. Einen solchen Weg auf der Kugel nennt man im mathematischen Sprachgebrauch eine Loxodrome, und auf derselben sind früher die Seeleute, indem sie der Weisung ihres Kompasses folgten, stets gesegelt. Der kürzeste Weg auf der Kugel ist dagegen der sogenannte gröfste Kreis.

Columbus konnte natürlich nach Entdeckung jener Abweichung nicht sogleich seinen Entschluss ändern, genau nach der Magnetnadel zu fahren. Wenn wir nun heute wüfsten, welche Abweichungen von der Nordrichtung die Magnetnadel auf dem durchfahrenen Gebiete des Atlantischen Ozeans damals in Wirklichkeit aufwies, so könnten wir den Weg des Columbus und die Stelle seiner Ankunft in Westindien nachträglich wieder ermitteln. Leider ist die Lage der Linien gleicher magnetischer Deklination, oder fachmännisch ausgedrückt, der Isogonen, mit den Jahren einer langsam fortschreitenden Veränderung unterworfen, welche nicht so gesetzmäfsig ist, dafs man sie auf vier Jahrhunderte zurück berechnen könnte. Es wird also wohl ein ewiges Geheimnifs bleiben, wo Columbus zuerst den Boden der neuen Welt betrat.

Gelcich (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, XX. Jahrgang, S. 280 u. ff.) hat sich der Mühe unterzogen, einerseits nach Mafsgabe unserer gegenwärtigen Kenntnisse von der säkularen

Digitized by Google

Variation der magnetischen Deklination, andererseits nach den Aufzeichnungen des Schiffstagebuches des Columbus, soweit dieselben uns erhalten sind, den Kurs der „Santa Maria“ nachträglich zu bestimmen. Weniger die Unsicherheit unserer Kenntnisse über die erdmagnetischen Konstanten jener Zeit, als vielmehr die Gröfse der zur Bestimmung der Schiffsgeschwindigkeit angewandten spanischen Leguen legten hier unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg. Nimmt man, wie es bis dahin üblich war, die Legue zu 3.18 Seemeilen an, so ergiebt die unter Berücksichtigung aller Umstände, namentlich auch der Strömung, ausgeführte „Koppelung“, d. h. Aneinanderschliefsung der verschiedenen, von Columbus für die verschiedenen Tage angegebenen Kurse und Schiffsgeschwindigkeiten, als Ankunftspunkt eine Stelle auf Kuba, wo in Wirklichkeit die erste Landung unmöglich stattgefunden haben kann. Gelcich nimmt schliefslich die Legue nur zu 2.3 Seemeilen an und findet dann den Landungsplatz zwischen den westindischen Inseln Turko und Mariguana. Mit gleicher Wahrscheinlichkeit jedoch wie diese beiden können auch noch die Inseln Cat, Watling, welcher letzteren gewöhnlich, doch ohne besonderen Grund, der Vorzug vor den übrigen genannten eingeräumt wird, und Samana als jenes Guanahani oder San Salvador gelten, welches Columbus als das zuerst betretene Land bezeichnete. Diese fünf Inseln liegen etwa zwischen 22° und 24° nördlicher Breite. Columbus gab die Breite dieser Insel gleich der von Ferro (28°) an. Es mag gleich an dieser Stelle erlaubt sein, einzufügen, dafs es gleichfalls ganz ungewifs ist, ob Columbus überhaupt jemals den Boden des eigentlichen amerikanischen Festlandes betreten hat. Auf der dritten Reise, am 1. August 1498 hat er dasselbe jedenfalls entdeckt und, es zunächst für eine Insel haltend, Tierra de Gracia genannt. Erst am 20. August wurde es ihm und seiner Mannschaft klar, dafs das ganze Gebiet, an dessen Küste sie bisher entlang gefahren waren, ein einziges grofses Festland bildete. Er litt indefs damals schon so stark an Gicht, dafs es ihm unmöglich war, das Schiff zu verlassen und war aufserdem fast ganz erblindet. Dennoch unternahm der gebrochene Mann vier Jahre später bekanntlich noch eine letzte, vierte Reise nach dem neuen Lande, diesmal hauptsächlich zu dem Zwecke, das auf der dritten Reise gesehene Festland eingehender zu erforschen. Das Geschwader verliefs Cadix am 11. Mai 1602. Auf dieser Reise dürfte wahrscheinlich der greise, inzwischen längst in Mifsgunst gefallene Entdecker den Boden von Central-Amerika etwa in der Gegend der Republik Honduras oder in Nicaragua bei Gelegenheit einer noth-

Digitized by Google

wendigen Ausbesserung seines Schiffes betreten haben. Dem offiziellen Akte der Besitzergreifung des Landes hat er dagegen Krankheits halber sicher nicht beigewohnt.

Auf allen diesen Reisen bewegte sich Columbus in jener Region an der Grenze zwischen der heifsen und gemäfsigten Zone, in welcher zu der Jahreszeit, während welcher die erste Reise unternommen wurde, regelmäfsig östliche Passatwinde wehen. Dieser glücklichen Wahl ist ganz besonders der Erfolg der Expedition zu danken. Hätte er diejenigen Gebiete des Ozeans gewählt, auf denen man heute den kürzeren Weg durchschifft, so würde er, wie bereits vorhin erwähnt, in das Gebiet der Herbststürme gerathen sein, welche den kleinen Schiffen gewifs verderblich geworden wären und sie jedenfalls völlig deroutirt hätten.

Aber gerade dieser günstige Umstand constanten Ostwindes begann nach einiger Zeit die Mannschaft der Schiffe zu beunruhigen. Wenn hier wirklich beständig Ostwind herrschte, wie sollte man dann jemals wieder nach der Heimath zurückkommen können? Gegen den Wind rudernd, diese ungeheure Strecke zurückzulegen, war doch ganz unmöglich; und das Land, das verheifsene, goldstrotzende Land, wann sollte es endlich auftauchen? Vier Wochen lang ging es nun schon unaufhörlich westwärts; immer weiter entfernte man sich von der Scholle, welche für jene, das kühnste der Abenteuer unternehmende Menschen der Inbegriff der Welt war, und immer noch wollte die schreckliche Wasserwüste kein Ende nehmen. Wenn man nun überhaupt kein Land finden sollte und die Erde gröfser, weit gröfser war, als man angenommen hatte, so mufsten sie alle auf der nothwendigen Rückfahrt unrettbar Hungers sterben, wenn sie nicht bald sich zur Umkehr entschlossen.

Denn über die wahre Gröfse der Erde herrschten damals in der That nur Vermuthungen. Es waren zwar im Alterthum, beispielsweise von Eratosthenes, und später (um 827) von den Arabern, welche bekanntlich die Vermittler der griechischen und altegyptischen Kultur- und Wissensschätze für das Abendland, speziell für Spanien, waren, Erdmessungen auf wissenschaftlich durchdachter Basis ausgeführt, die auch, wie es scheint, nicht allzu falsche Werthe ergeben hatten, aber es waren diese Untersuchungen nur wenig bekannt geworden; auch konnten die Resultate derselben natürlich auf grofses Vertrauen noch keinen Anspruch erheben.

Ist es nicht ganz begreiflich, dafs das Schiffsvolk zu murren begann? Fernando Colon, der Sohn des grofsen Entdeckers, schrieb

Digitized by Google

hierüber folgendes: „Die Mannschaft war der Ansicht, der Admiral setze ihr Leben und ihre Sicherheit auf das Spiel, um seinen tollen Plänen zum Zwecke seines eigenen Vortheils nachzugehen. Sie wären schon mehr nach Westen vorgedrungen als jemals andere, und dadurch wähnten sie ihre Pflicht erfüllt zu haben; noch weiter jenen Weg verfolgen, hiefse sich selbst das Grab graben, und man müsse an die Rückreise denken, ehe es zu spät wäre, da sonst die Lebensmittel ausgehen könnten und auch weil die Schiffe, die sie gut kannten, schon in schlechtem Zustande wären. Die Klagen des Admirals gegen seine Leute würden ohnehin gegenstandslos bleiben, da er ein Fremder, ein Hergekommener wäre, dessen Ansichten die Gelehrten und vernünftigen Männer schon ohnehin bekämpften; ja es fanden sich Leute, die vorschlugen, dem Streit durch Ueberbordwerfen des Admirals ein Ende zu machen und dann zu sagen, er sei in die See gefallen, als er gerade beobachtete. Niemand würde sich darum kümmern, um zu erfahren, ob dies wahr sei.“ (Vergl. die weiter oben bereits erwähnte Schrift von Gelcich S. 381.) Ohne Frage ging es also dem kühnen Seefahrer oftmals hart an den Leib, wenngleich es zu der oft poetisch verwertheten Meuterei doch nicht eigentlich gekommen ist.

Am härtesten wurde Columbus am 10. Oktober von der Mannschaft bedrängt. Er rief die Gebrüder Pinzon, die Befehlshaber der beiden anderen Schiffe, zur Berathung zu sich. Es gelang auch diesmal dem Admiral, die Leute zu beschwichtigen und bis zum nächsten Tage zu vertrösten. Abermals segelte man also weiter dem unbekannten Westen entgegen.

Welche Kämpfe mögen zu dieser Zeit die Seele des Columbus gefoltert haben? Setzte er nicht wirklich das Leben all dieser braven Menschen verwegen aufs Spiel? Aber doch das eigene selbst mit! Durfte er jemals unverrichteter Sache zurückkehren, er, dessen ehrgeizige und von Tausenden daheim belächelte Träume seit Jahren zwei grofse Reiche in Bewegung gesetzt hatten? Das war ganz unmöglich! Nun und nimmer hätte er sich dem Spotte einer ganzen Welt aussetzen dürfen. So schwebte er zwischen dieser Selbstqual und der mehr und mehr schwindenden Hoffnung, mit einem Schlage zu den höchsten Ehren, zu gröfstem Reichthum, zu fürstlicher Macht emporgehoben zu werden. Wie mögen starr Stunden und Tage lang seine Blicke auf den westlichen Horizont gerichtet gewesen sein, wo er all sein Glück von Tag zu Tag erhoffte aufdämmern zu sehen! Und da endlich — war es denn möglich! — sah sein von fieberhafter Erregung fast übermenschlich geschärftes Auge am Abend des 11. Oktober ein

Digitized by Google

Licht am Horizonte aufdämmern. Niemand sonst erkannte es, niemand glaubte an die Richtigkeit der Wahrnehmung, und doch hatte der Admiral recht gesehen. Um 2 Uhr in derselben Nacht begrüfste ein Freudenschrei den Kanonendonner, welcher von der Pinta ausging und „Land in Sicht" ankündigte. Ein Matrose dieses Schiffes, Roderigo von Triana war es, der zuerst die Küste der neuen Welt gesehen hatte. Am dämmernden Morgen des 12. Oktober verankerten sich die Schiffe angesichts des neuen Landes, und die Mannschaft schiffte sich auf den Booten aus.

Welch ein Triumph war das für die Menschheit, welch unberechenbare Folgen für dieselbe zog dieses Ereignis nach sich! Wir alle, die wir die Früchte des Weltverkehrs der civilisirten Nationen täglich und stündlich geniefsen, wir alle müssen dankbar zurückdenken an die That dieser kühnen Männer, welche das Feld aller Lebensregungen der Menschheit verdoppelte.

Mögen wir anderen Nationen wohl zugestehen müssen, dafs Angehörige derselben weit vor Columbus dieses Land entdeckt und betreten haben: So ist es beispielsweise höchst wahrscheinlich, dafs die Chinesen bereits in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung den Grofsen Ozean durchquerten und in Centralamerika landeten, das seither unter dem Namen Fusang ungefähr dieselbe Rolle bei ihnen spielte wie jenes Atlantis der Griechenzeit, und ganz sicher ist, dafs die Normannen auf ihren kleinen Kriegs- oder Vikingerschiffen, kleinen, kaum mit einem Segel versehenen Ruderbooten, deren oft mehrere Hunderte zugleich auf Raubzüge ausgingen, um das Jahr 1000 herum die Küsten von Labrador und Neuengland erreichten und dort, ganz unweit der gegenwärtig grösten Verkehrszentren der neuen Welt, Ansiedelungen gründeten, die sie Helluland, Markland, Vinland, d. h. Felsen-, Wald- und Weinland nannten.

Die kühnen Seeräuber hatten bereits ganz Europa in Aufregung versetzt, indem sie, die Flüsse hinaufrudernd, mächtige Städte, wie Paris, überrumpelten. Bereits 863 entdeckten sie Island und gründeten dort Kolonieen, die mit dem norwegischen Mutterlande in regelmässigem Verkehr standen. Von hier aus ging im Jahre 982 Erich der Rothe nach Grönland. Ein Sturm, welcher 4 Jahre später Bjarni Herjulfson verschlug, brachte diesen zuerst in Sicht der Küsten des nordöstlichen Festlandes von Amerika. Sein Sohn Leif siedelte sich hier, etwa in der Hudsongegend, also unweit des gegenwärtigen New-York, zuerst an. Zwei bis drei Jahrhunderte lang hielt nun der Verkehr dieser Kolonieen mit Europa resp. Island an, bis durch

Digitized by Google

innere Kämpfe mit dem beginnenden Verfall des Normannenreiches auch diese Ansiedelung um 1350 verlassen wurde. Runensteine, welche die Anwesenheit nordisch-europäischer Völkerschaften aufser Zweifel stellen, sind in Nordamerika bis zu 73 ° Breite aufgefunden worden.

Auch waren offenbar wiederholt Eingeborene der polynesischen Inseln auf ihren Kähnen bis an die amerikanische Westküste verschlagen worden. Ethnographische und vergleichende Sprachstudien weisen deutlich auf verwandtschaftliche Züge zwischen diesen Insulanern und den mexikanischen und zentralamerikanischen Ureinwohnern hin.

Es sei hier schliefslich noch erwähnt, dafs wahrscheinlich die Gebrüder Zeni, berühmte Entdeckungsreisende, zwischen 1388 und 1404 von den Faröern aus Amerika erreicht haben.

Aber die völlige Vergessenheit, in welche das Land inzwischen gerieth, berechtigt uns zweifellos, die Verdienste nur flüchtig zu berühren, welche jene Vorläufer um die Entdeckung Amerikas besitzen. Columbus erst entdeckte die neue Welt für die Zivilisation, er schenkte uns nicht nur einen neuen Erdtheil, er schuf selbst aus der alten Welt eine neue!

Schenken wir deshalb nicht allzu willig jenen Stimmen Gehör, welche hie und da auftauchend, den Ruhm des grofsen Genuesen herabzusetzen trachten! Es ist ja gewiss kein Zweifel, dafs das Gold, welches man in dem neuen Erdtheile in so märchenhafter Fülle erwartet hatte, der hauptsächliche Beweggrund dieser und fast aller Entdeckungsreisen der damaligen Zeit gewesen war, nicht etwa das Interesse an der Erweiterung menschlicher Kenntnisse, nicht die begeisternde Empfindung von der unendlich hohen Aufgabe der Zivilisation, welche die erste Pflicht der Entdecker und Eroberer des neuen Erdtheils gewesen wäre. Decken wir mit dem Schleier der Jahrhunderte die Sünden zu, welche in den Wirren dieser gewaltigen Entdeckungszeit geschehen sind. Nicht allzu grofse Vorwürfe dürfen wir gerechter Weise auf jene Menschen schleudern, welchen inmitten ganz neuer Verhältnisse die erdrückend schwierige Aufgabe wurde, eine neue Welt zu organisiren. Weit entfernt sowohl von der Hülfe wie von der Kontrolle ihrer Mutterlande, ihrer eigenen Kraft und Fähigkeit überlassen, sollten sie über Völkerschaften regieren, die ihnen völlig unbekannt waren, und welche sie in der Anmafsung abendländischer Kultur menschlich weit unter sich stehend erachteten.

Columbus hatte sich bekanntlich das Amt eines Vizekönigs

Digitized by Google

über die entdeckten Länder ausbedungen. In Ausübung desselben entwickelte er jedoch offenbar wenig Geschick. Es hätte ja auch eines ganz aufserordentlich organisatorischen Genies bedurft, unter so schwierigen und völlig neuen Verhältnissen hier ein Reich zu begründen. Die Dinge wuchsen Columbus über den Kopf, ohne dafs er begreiflicherweise seine Rechte fahren lassen wollte. So kam es, dafs, nachdem eine lange Zeit hindurch die spanische Regierung trotz der immer deutlicher hervortretenden Wirren auf den westindischen Inseln, völlig korrekt und in dankbarer Anerkennung ihre vertragsmäfsigen Pflichten Columbus gegenüber erfüllt und ihn mit allen erdenklichen Ehren überhäuft hatte, sie endlich zum Einschreiten sich unumgänglich genöthigt fand, wenn sie nicht alle zukünftigen Vortheile durch die offenbare Mifswirthschaft vernichtet sehen wollte. Am höchsten hatte sich der durch stets bereite Neider noch geschürte Unwille der Regierung gegen Columbus während seiner dritten Reise gesteigert. Eingefügt mag hier als Mafsstab für die Gunst, in welcher Columbus jeweilig stand, werden, dafs er auf seiner zweiten, am 25. September 1493 beginnenden Reise nicht weniger als 14 Karavellen und 3 Lastschiffe mit 1200 Mann Besatzung mit hinüber nahm, auf seiner dritten dagegen nur 6 Schiffe bewilligt erhielt, die am 30. Mai 1498 in See gingen. Diese verschiedenen Expeditionen hatten inzwischen bedeutende Summen gekostet, ohne dafs entsprechende Einkünfte aus jenem Lande einliefen, welches man von Gold förmlich strotzend geglaubt hatte. Ferdinand der Katholische und dessen Columbus so wohl gesinnte Gemahlin Elisabeth mussten sich deshalb endlich überzeugt halten, dafs der Vizekönig Columbus zu so schwierigen Regierungsgeschäften untauglich sei, und liefsen ihm dies mittheilen. Columbus selbst, wohl in der Ueberzeugung, seinerseits stets gethan zu haben, was seine Pflicht und seine geistigen wie äufseren Mittel ihm möglich gemacht hatten, bat selbst um Einsetzung eines unparteiischen Richters über diese Frage. Die Wahl fiel recht unglücklich auf Franzisco de Bobadilla, der 1499 auf San Domingo landete und dort im Uebereifer, ohne Befehl dazu zu haben, den Vizekönig sowohl wie seine Brüder Diego und Bartolomé, welche sich mit ihm in die Regierungsgeschäfte theilten, in Fesseln legen liefs. So wurde der kühne Entdecker einer neuen Welt, der es trotzig ausschlug, als man ihm auf dem Schiffe die schmachvollen Ketten abnehmen wollte, nach Spanien zurückgeführt. Entrüstet über diese Behandlung, liefs hier der König dem Columbus sofort 2000 Dukaten schicken, damit derselbe festlich bei Hofe erscheinen

Digitized by Google

könne. Hieraus geht wohl zur Genüge das grofse Wohlwollen und die objektive Stellung des Königs zu dieser peinlichen Angelegenheit hervor. Man wählte einen gerechteren Richter in Ovando, der dem Columbus sein konfiszirtes Vermögen wieder zurückerstattete und ihn seine westindischen Einkünfte geniefsen liefs, ohne ihm jedoch seine früheren Hoheitsrechte wieder zu verleihen. Mit 30 Schiffen ging nun am 13. Februar 1502 Ovando nach den neuen Kolonien ab, um dort Ordnung zu schaffen. Ihm folgte Columbus am 9. Mai desselben Jahres mit vier aus eigenen Mitteln ausgerüsteten Karavellen, wurde aber, am 29. Juni vor San Domingo ankommend, von Ovando verhindert, das Land zu betreten. Der Stern des Columbus war nun endgültig gesunken. Mit Krankheit geschlagen, zurückgestofsen von seinen Landsleuten, die ihm jenes Land verschlossen, das erst seine Thatkraft für die Welt erobert hatte, umherirrend auf morschen Fahrzeugen in unbekannten Gegenden, gerieth er endlich angesichts seiner sinkenden Schiffe in bitterste Noth. Der 12. September sah ihn zuletzt auf amerikanischem Boden. Anfang November kehrte er unbeachtet von der Welt nach Spanien zurück. Seine Gönnerin Elisabeth starb inzwischen. Seine Bemühungen, seine Rechte wieder zu erlangen, blieben ohne Erfolg, besonders als der Vorschlag, seine westindischen Würden gegen Besitzungen in Kastilien einzutauschen, von ihm starrsinnig zurückgewiesen wurde. So starb endlich der grofse Entdecker am 21. Mai 1506 in Valladolid so arm und unbeachtet, als er geboren war. Mit eiserner Willenskraft hatte er sich zu königlicher Macht und Würde emporgeschwungen, diese selbe ausartende Unbeugsamkeit hat ihn wieder gestürzt. Auch noch im Tode hatten die Gebeine des vielgereisten Entdeckers lange Zeit keine Rast. Sie wurden 1513 nach Sevilla, um 1550 nach San Domingo, 1795 nach Havana gebracht, wo sie nun im dortigen Dome endlich Ruhe fanden.

Wie sehr es der spanischen Regierung daran gelegen war, eine legitime, aber zugleich auch dauernd bestandfähige Regelung der Ansprüche des Columbus resp. seiner Erben herbeizuführen, geht ferner daraus hervor, dafs der König selbst nach dem Tode Christophs dessen einzigen rechtsmäfsigen Sohn Diego aufforderte, einen Prozefs zur Klärung dieser Verhältnisse anzustrengen und der erbenden Familie zur Bestreitung der daraus entstandenen Kosten 4000 Golddukaten bewilligte. Diego wurde 1508 als Generalgouverneur der Kolonien anerkannt, führte aber die alte Mifswirthschaft weiter, so dafs wiederum nach einiger Zeit die Regierung nothwendig einschreiten musste. Der inzwischen angestrengte Prozefs, welcher von 1508 bis

Digitized by Google

1564 geführt wurde, nahm nunmehr eine höchst merkwürdige Wendung. Die Erben der Pinzonen, welche bekanntlich die „Pinta“ und die „Niña“ auf der ersten Entdeckungsfahrt befehligt hatten, suchten durch eine Anzahl von Zeugen, die jedoch meist erst ein halbes Jahrhundert nach der bezüglichen Zeit auftraten und Erzählungen inzwischen verstorbener Matrosen des Columbus wiederholen mufsten, darzuthun, letzterer sei überhaupt gar nicht der Entdecker Amerikas gewesen. Er sei auf der Fahrt schliefslich von grofser Furcht überfallen worden und habe durchaus umkehren wollen, worauf sich einer der Pinzonen zornig am 11. Oktober mit seinem Schiffe von ihm getrennt und allein das erste Land entdeckt, sowie im Namen der Regierung Besitz von demselben ergriffen habe. Nun sei er zu den beiden anderen Schiffen zurückgekehrt, um diese hinzuführen. Die Beweisführung gelang nicht. Aber der Sohn des Diego, also Enkel des Columbus, Don Luis Colon, mufste nun doch endlich auf die Herrscherrechte in der neuen Welt verzichten. Er behielt nur den erblichen Titel eines Admirals von Indien, ferner noch den eines Herzogs von Jamaika, mit dem erblichen Familienbesitz der Insel selbst und 10 000 Golddukaten jährliche Rente. Don Luis Colon starb 1572 als Herzog von Veraguas. Vier Jahre später erlosch überhaupt die männliche Linie der Columbus. Eine weibliche Linie, von einer Schwester des Don Luis ausgehend, besteht heute noch als die der Herzöge von Veraguas.

Heute hängt jene neue Welt, welche Columbus uns erschlofs, mit Millionen geistiger Fäden auf das engste mit der alten Welt zusammen, ja diese könnte ohne jene garnicht mehr bestehen. Wenn die Ozeanfläche, welche ehedem eine Schranke bildete, die den neuen Erdtheil Jahrtausende lang völlig abseits von allen Bewegungen unserer Kultur liegen liefs, sich unserem Verkehr abermals verschlösse, so müfsten zweifellos viele Tausende von Existenzen hier zu Grunde gehen. Freuen wir uns deshalb, dafs die Bande immer inniger werden, welche uns mit der neuen Welt verbinden. Ein Dutzend Kabel bilden heute die Sprachrohre, durch welche unausgesetzt Tag und Nacht die neue Welt mit der alten sich unterhält, und tausende von Schiffen bevölkern den Atlantischen Ozean, auf welchen ein Strom von Menschen hin und wieder zurückwogt und unermefsliche Schätze ausgetauscht werden. Eine einzige Schiffsgesellschaft, die des Norddeutschen Lloyd beispielsweise, hat in den letzten dreifsig Jahren allein über zwei Millionen Passagiere auf ihren amerikanischen Linien hin und her befördert.

Digitized by Google

Nichts vermag wohl die Fortschritte und die Segnungen unserer Kultur, welche wir der Thatkraft und dem Glücke des Columbus verdanken, besser zu illustriren, als eine Betrachtung der gewaltigen Fortschritte, welche das Seefahrtswesen seit den Zeiten der Entdeckung Amerikas aufzuweisen hat. Zur 400-jährigen Jubelfeier dieser That erschien es uns deshalb angezeigt, im wissenschaftlichen Theater unserer Urania im Geiste noch einmal die Fahrt nach Amerika zu unternehmen, so wie sie mit den heutigen imposanten Hilfsmitteln des Seewesens von Millionen, oft in der alltäglichsten Stimmung der Selbstverständlichkeit, unternommen wird.

Was von dem begleitenden Texte dieser Aufführungen für unsere Zeitschrift geeignet erscheint, mag hier wiederholt werden.

Wir Deutschen gehen nach Amerika von Hamburg oder Bremen aus. Die Hamburger Packetfahrt-Gesellschaft sowohl wie der Norddeutsche Lloyd in Bremen verfügen über die mächtigsten und schönsten überseeischen Dampfer der Welt. Der rege Wettbewerb zwischen beiden grofsen Rhedereien schafft immer vollkommnere und elegantere Fahrzeuge. Wir wählen einen Dampfer der gröfseren dieser beiden Gesellschaften, des Norddeutschen Lloyd.

Wir sind am frühen Morgen von Bremerhaven abgefahren und befinden uns bereits in der freien Ausfahrt der Weser, in welche uns das sichere Feuer des Leuchtthurms von Rother Sand geführt hat, der hier mitten aus den Wogen emporragt, unerschütterlich alle Schiffe mit seinem Leitstrahl begleitend, oder durch Blitzfeuer vor gefährlicher Abweichung von der sicheren Strafse warnend, welche hier in die verheifsungsreiche Fremde oder zurück in die liebe Heimath führt.

An einem klaren Tage ist dies wohl nicht schwer. Ganz anders aber, wenn Stürme und Nebel den Seefahrer bedrohen. Das Fahrwasser ist hier noch nicht tief, und es giebt deshalb nur einen verhältnifsmäfsig engen Weg, den so tiefgehende Schiffe, wie unser transatlantischer Dampfer, ohne Gefahr auf den Sand zu laufen, gehen dürfen. Das feste Feuer des Leuchtthurmes, welches nur einen schmalen Lichtstreifen in der Richtung des guten Fahrwassers hinauswirft, wird durch die genau in Bezug auf die Kompassweisung bekannte Richtung dieses Leitstrahls erkannt. Rechts und links von dem erwähnten festen weifsen Leuchtfeuer geht ein blitzartig aufzuckendes Licht vom Thurme aus, dem Schiffer zur Warnung, dafs er von seinem Wege abgewichen ist. Die verschiedenen Leuchtfeuer an der Wesermündung sind im übrigen so eingerichtet, dafs immer

Digitized by Google

eines das andere kreuzt und der Schiffer also dem nächsten Leitstrahle bereits folgt, ehe ihn der bisher befahrene noch verlassen hat, der ihn noch dazu durch gewisse Lichtsignale auf die Nähe der betreffenden Wendepunkte der Kursrichtung rechtzeitig aufmerksam macht. Eine Karte der Wesermündung, welche alle diese Lichtstrahle farbig und ungemein klar aufgezeichnet enthält, sollte es dem Anschein nach beinahe jedem Laien möglich machen, ein grofses Schiff bei Nacht von Bremerhaven in die offene See oder umgekehrt zu führen.

Will der Seemann sich nun mit Hülfe eines solchen Leuchtfeuers auch auf jeder anderen Seekarte genauer orientiren, so peilt er den Thurm zunächst an, d. h. er bestimmt die Richtung, in welcher er das Feuer sieht, mit Hülfe der Kompafsrose, über welche hin er nach dem Thurme visirt. Er zieht auf seiner Seekarte durch den Leuchtthurm eine Linie in der entgegengesetzten Richtung; wenn er nun noch die Entfernung vom Leuchtthurm kennt, so hat er damit den Ort seines Schiffes. Diese Entfernung wird ganz leicht durch die Messung der scheinbaren Gröfse des Leuchtthurms bestimmt. Die wirkliche Gröfse ist dem Schiffer bekannt; je weiter er sich nun vom Leuchtthurme entfernt befindet, je kleiner erscheint derselbe natürlich. Die Vergleichung der scheinbaren mit der wahren Gröfse wird mit dem Sextanten vorgenommen, einem Winkelmefsinstrument, das uns weiterhin noch mehr beschäftigen wird und das dem Seemann unentbehrlich ist. Diese so gefundene Entfernung in seiner Seekarte auf die vorhin gezogene Linie abgetragen, giebt ihm den Ort des Schiffes.

Es existirt begreiflicherweise noch eine grofse Menge anderer Methoden der seemännischen Orientirung bei Land in Sicht, die in vorliegendem Vortrage überhaupt auch nicht andeutungsweise zur Sprache kommen können. Nur die am meisten charakteristischen wurden ausgewählt. Näheres hierüber findet man in dem Artikel des Herrn Admiralitätsrath Rottok: „Die Ortsbestimmungen und Hülfsmittel zur Führung eines Schiffes auf See“; in „Himmel und Erde“, III. Jahrgang, Seite 245, 314, 368 u. f.

Das Herannahen der englischen Küste wird zunächst durch ein rothes Leuchtschiff, das hier verankert ist, angekündigt. Leuchtschiffe, Seezeichen, Bojen, Tonnen machen auch hier, wie längs der Küsten aller zivilisirten Länder, auf Untiefen oder sonstige gefährliche Stellen aufmerksam und bezeichnen das Fahrwasser beinahe so, wie die Chaussee-Bäume irgend einen Weg auf dem Lande. Man kann längs den Küsten, wenn die Elemente nicht allzusehr wüthen, garnicht fehlen.

Digitized by Google

Wehe aber dem Schiffe, das aus Unvorsichtigkeit oder durch die Gewalt des Sturmes diesen vorgezeichneten Weg verläfst! Ganz besonders die Gefährlichkeit dieser Gestade Englands ist ja berüchtigt.

Mehr wie je ist hier dem Schiffer nach überstandenem Sturm oder nach einem Nebeltage Orientirung nöthig, um den Gefahren der klippenreichen Küste auszuweichen und die enge Einfahrt zwischen Dover und Calais richtig zu finden. Die englische Küste ist deshalb hier besonders dicht mit Leuchtfeuern besetzt.

Nähert man sich in der Nacht bei klarem Wetter dieser Küste, so giebt es ein sehr einfaches Mittel, mit Hülfe eines dieser Leuchtthürme allein die Lage des Schiffes zu ermitteln. Man benutzt hierzu die Kugelgestalt der Erde. Es läfst sich begreiflicherweise aus der Höhe des Leuchtthurmes leicht berechnen, wo die Strahlen desselben gerade noch die Erdoberfläche tangiren müssen, d. h. es läfst sich der Umkreis finden, innerhalb dessen man das Leuchtfeuer überhaupt noch sehen kann. Dieser Umkreis ist natürlich verschieden für verschieden hohe Standpunkte des Beobachters. Der Matrose, welcher im Mastkorb, dem „Schwalbenneste", Auslug hält, sieht das Leuchtfeuer früher als der Kapitän auf der Kommandobrücke; da man aber stets weifs, wie hoch man sich über dem Wasserspiegel befindet, d. h. fachmännisch ausgedrückt, wie grofs die „Kimmtiefe" des Horizontes ist, so kann man für jeden Leuchtthurm die Entfernung bestimmen, in welcher er für jedes Schiff zuerst auftauchen mufs. Es ist dann unmittelbar einleuchtend, dafs man durch Peilung des eben am Horizonte aufglimmenden Leuchtfeuers sofort den Ort seines Schiffes erkennt, der durch Richtung und Entfernung von dem bekannten festen Punkte der Küste ja gegeben ist.

Den Schiffer begleitet stets ein ungemein wichtiges Buch „Die Leuchtfeuer der Erde" von W. Ludolph herausgegeben, welches alle nöthigen Angaben betreffs der Feuer- resp. auch Schallsignale sämmtlicher Leuchtthürme der Erde enthält. Jeder Leuchtthurm unterscheidet sich von seinen Nachbarn schon bei Tage durch die Gestalt, Bauart und durch farbige Streifen, die ihn umgürten; bei Nacht, wo er als Wegweiser seine besondere Bedeutung erhält, durch die ihm eigene Art der Befeuerung, die ihn durch die Farbe des Lichtes (weifs, roth oder grün, diese Farben auch abwechselnd) und durch die Art des Lichtes mit oder ohne Verdunkelung (Blink-, Blitz-, Dreh-, Funkel- oder festes Feuer) sofort kenntlich macht. Schon oben sahen wir, wie die Leuchtfeuer durch besondere Einrichtungen dem Schiffer auch ein Abweichen vom sicheren Wege kund thun; gelegentlich

Digitized by Google

giebt das Feuer auch noch besondere Zeichen, durch welche es die Schiffe über verschiedene wichtige Dinge, z. B. den jeweiligen Fluthstand unterrichtet, wo, wie im Hafen von Calais, das Befahren gewisser Gebiete bei Ebbe für gröfsere Schiffe gefährlich werden kann. Am Leuchtthurm von Calais kann man deshalb schon aus weiter Ferne ersehen, wieviel Meter Wasserstand zur Zeit im Hafen beobachtet werden. — Das oben genannte Buch giebt auch die Höhe des Thurmes sowie die Anzahl von Seemeilen an, in welcher das Leuchtfeuer zuerst am Horizonte auftaucht oder verschwindet.

Glückt diese Beobachtung des ersten Aufleuchtens nicht, oder nähert man sich am Tage der Küste, so kann man sich durch zwei verschiedene, gleichzeitig sichtbare Objekte orientiren, indem man beide zugleich peilt; der Schnittpunkt der beiden, auf der Seekarte eingezeichneten Standlinien giebt dann den Ort des Schiffes.

Eine andere Methode kann den Ort des Schiffes selbst dann ergeben, wenn man sich in dem Leuchtkreise nur eines Feuers befindet, auch wenn man dasselbe nicht, wie es weiter oben dargestellt wurde, am Horizonte beobachtet hat. Zu diesem Zwecke peilt man das Feuer zunächst aus einem vorläufig noch unbekannten Schiffsorte und zieht die betreffende Standlinie auf der Seekarte. Dann läuft man nach dem Kompafs seinen Kurs eine Strecke weiter und mifst durch später noch anzugebende Instrumente die Länge des zurückgelegten Weges bis zu einem anderen beliebig zu wählenden Orte, von welchem aus man noch einmal eine Peilung des Feuers vornimmt. Man zieht diese zweite Richtungslinie auf der Seekarte durch den Leuchtthurm. Nun befindet sich auf der letzteren stets die Kompafsrose in ihrer mifsweisenden Lage aufgezeichnet. Man bringt ein besonders konstruirtes Lineal, das parallel zu einer beliebigen Richtung auf der Karte zu verschieben ist, und mit welchem wir auch schon vorhin die Peilrichtungen aufgetragen haben, nunmehr in die gewählte Fahrrichtung zwischen den beiden Standorten, zirkelt sich auf dem Lineal die zurückgelegte Strecke in der Verjüngung der Seekarte ab und sieht nun, wo diese Strecke sich in der gegebenen Richtung in die beiden vorhin aufgezeichneten Peilungslinien des Feuers einfügen läfst. Die so entstehenden Schnittpunkte geben die Schiffsorte für beide Peilungen.

Wir sind inzwischen glücklich in den Kanal gesteuert und eilen Southampton zu, wo die deutschen Schiffe bekanntlich Station machen, um die englischen Passagiere aufzunehmen. Schon vor der Einfahrt in den Hafen von Southampton begleiteten uns linker Hand die lieblichen Landschaften der wunderreichen Insel Wight, die uns einladen,

Digitized by Google

dem auch geologisch so hochinteressanten Eilande einen kurzen Besuch abzustatten, bevor wir uns auf die weite Oceanfläche hinausbegeben.

Die Insel besteht zumeist, wie die nördlich und südlich gegenüberliegenden Küsten von England und Frankreich, aus einem mächtigen Kreidefelsen, den der durch den Kanal im gewaltigen Pulsschlag der Fluthbewegung hin und zurück wogende Ocean noch nicht verschluckt hat, an dem er aber beständig wühlend nagt. So ist also die Insel Wight mit unserm heimathlichen Rügen nahe verwandt, nur dafs hier auf Wight das Felsgeklüft noch wilder, höher, romantischer emporstrebt. Und wie überall die Bodenbeschaffenheit einen wesentlichen Einflufs auf den landschaftlichen Charakter, ja selbst auf die Vegetation ausübt, erkennen wir auch hier, wo in noch viel reicherer Entfaltung, als die wundervollen hohen Buchenwälder Rügens sie aufweisen, ein wilder Zaubergarten, von allen gröfsten Poeten Englands vielfach besungen, sich über das Eiland ausbreitet.

Man findet auf demselben im Sommer wie auch im Winter eine milde, wohlige Temperatur. Dieses insulare Klima ruft eine wunderbar üppige Vegetation hervor und macht das Fortkommen südlicher, immergrüner Gewächse, wie des Lorbeer, der Myrthe, der Cypresse, der Stechpalme möglich. Das nahe Meer, das draufsen, doch hier längst unhörbar, an dem schönen Eiland ohne Unterlafs gefräfsig nagt, bekränzt das eigene Opfer mit verschwenderischer Blumenpracht, ehe es dasselbe unrettbar verschlingt. —

Wir sind, von Freshwater Bay kommend, durch diese wild paradiesischen Gärten gewandert, um die westlichste Spitze der Insel, die berühmten Needles, zu erreichen. In der ganzen Welt findet man so wunderbar kontrastreiche Landschaften auf so engem Raume nicht wieder zusammengedrängt, als bei dieser Wanderung von kaum einer Stunde. Schon in Freshwater Bay begegneten wir am Gestade jenen grotesken Felsbildungen, welche von der Gefräfsigkeit des Meeres beängstigende Kunde geben. Eines der Kalkriffe, welche aus den blauen Wogen mit ihrem weifsen Steingerippe hervorragen, bildet ein vollständiges Thor, deutlich an eine der Faraglioni auf Capri erinnernd. Das Titelbild unseres vorliegenden Heftes stellt dasselbe dar. Ein anderes, spitz zulaufendes Riff trägt oben auf den deutlich schräg abfallenden Schichtungen ein überall wie ein Hut vorragendes Stück Humus, Erdreich und Gras, ganz in derselben Horizontallinie, wie der Wiesengrund des einige Zehner von Metern entfernten Ufers. Es zeigt deutlich, wie die ehemals zwischenliegende Felspartie von den Wogen hinweggerissen

Digitized by Google

wurde. Ja, hier sieht man eine Strafse schnurstracks vom Abgrund, der fast senkrecht ins Meer führt, abgeschnitten. Geht man oben weiter über die Wiese nach Westen, so sieht man auf langen Strecken des Weges breite Furchen im Erdreich, die in einigen Metern Entfernung von der überall hier jäh zum Meere abfallenden Felswand, der vielfach ausgebuchteten Uferlinie genau parallel laufen: Hier hat sich das Meer bereits seinen nächsten Bissen abgetheilt, um ihn bei guter Gelegenheit, wenn der Sturm unten die weifsen Köpfe der Wogen gegen die morschen Kalkfelsen peitscht, dafs das Erdreich rings erdröhnt, in seinem dunklen Schlunde zu begraben. Aengstlich weichen wir diesen Furchen aus und wagen uns nicht näher an den mehr als hundert Meter tiefen Felsabhang, wo unten, zwischen Wasser, Himmel und drohender Felswand, Möwen und Sturmvögel lautlos kreisen. Geheimnifsvoll, ruhelos murmelnd dringt von der weifsen Brandungslinie her nur ein leiser Laut zu uns empor. Wir suchen einen sicheren Pfad, um hinab zum Fufse dieser Felsen zu gelangen, wo wir sie besser übersehen können.

Wir haben damit das Ziel unseres Ausfluges, die romantisch zerklüftete Westspitze der Insel mit den bereits von ihr losgerissenen Felsgruppen der sogenannten Needles, Nadeln, vor deren westlichster warnend ein Leuchtthurm aufragt, erreicht. Von der Südseite gesehen erscheinen sie zwar ziemlich breit, sie spitzen sich jedoch nach oben etwa meifselförmig derartig zu, dafs sie, von Westen gesehen, in der That wie scharfe Nadeln, vom Seemann gar sehr gefürchtet, gespenstisch aufragen.

Kaum ein charakteristischeres Bild von der Denudation der Meereswogen kann es geben, wie diese Needles. Die grofsen Stürme kommen bekanntlich alle von Westen her und treiben die Wogen in den nach Osten immer enger werdenden „Aermelkanal", wo sie sich dann zu ungeheurer Fluthwirkung anhäufen. Die Westseite von Wight ist diesem Anprall zuerst ausgesetzt. Sie hat sich deshalb als Wogenbrecher keilförmig zuspitzen müssen. So haben auch die Needles selbst eine keilförmige Grundfläche: Nach Westen hin laufen sie ganz spitz zu, wenden dagegen ihre langen Seiten nach Norden und Süden.

Wie unendlich verschieden sind die Gedanken, welche diese Landschaft in uns erweckt, von denen, die in unsere Seele beruhigend einzogen, als wir auf halbem Wege zu diesem starren Klippengestade unter dem schwanken Laubdach des Waldwegs wanderten! Dort idyllische Ruhe einer still wirkenden Natur, die keinen Kampf, keine Zerstörung zu kennen scheint, hier überall die Spuren des wüthendsten

Digitized by Google

Gigantenkampfes, den die Erdscholle ewig, seit sie einst vor Urzeiten dem dunklen Schoofse der Wogen entsprang, mit dem mütterlichen Meere führt, das sein eigenes Kind immer und immer wieder verschlingt, wenn es neugeboren abermals emporgestiegen war. Hier sehen wir den mächtigen Pulsschlag der Ewigkeit vom weltumfassenden Meere her, Welle um Welle, hin und wieder rollen, und die Schauer der Unendlichkeit wehen uns von der umflorten Grenze zwischen Meer und Firmament geheimnifsvoll entgegen; dort, in der Waldeinsamkeit war alles intim und lauschig eng umgrenzt, recht wie es erquickend zum stillen Herzen sprechen konnte, und alles lebte dort und quoll und blühte und freute sich des Daseins; hier umgeben uns rings die schrecklichen Mächte der Zerstörung, unbeugsame, empfindungslose Gewalten. Zwar scheint ein Leben in diesem pulsenden Meere, es ist ein fürchterlicher Riese, der mit seinen Armen die ganze Welt umklammert und aus gewölbter Brust nur zweimal des Tages tief aufathmet, Fluth und Ebbe erzeugend; wir bewundern und fürchten diesen Riesen, er ist erhaben, majestätisch zwar wie das Sternengewölbe mit seinen unerreichbar weitherflimmernden Weltenschwärmen, aber uns in seiner ebenso unfafsbaren Gröfse doch so erschreckend nahe, ein Uebermenschliches, dem wir und die Scholle, welche uns trägt, ohnmächtig preisgegeben sind.

Wie gebrochene Rippen eines Riesenleibes, den das Meeresungeheuer verschlungen hat, ragen jene Felsen auf, eine Phalanx gegen Westen hin bildend. Aber eine nach der anderen fallen die Felsennadeln dem wüthenden Elemente zum Opfer. Dort, wo heute jener Leuchtthurm aus dem Meere aufragt, stand einstmals eine eben solche Felsrippe wie diese beiden, welche ebenfalls dem sicheren Untergange geweiht sind.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Sonnenflecke und magnetische Erscheinungen.

Unter den mannigfachen Räthseln der kosmischen Physik gieb es kaum eines, das sich bisher so seiner Lösung zu entziehen vermocht hätte, wie die merkwürdigen magnetischen Erscheinungen der Erde. Wie soll man sich die täglichen Aenderungen erklären, welche die magnetischen Konstanten, insbesondere Inklination und Deklination, erleiden? Wie gar die jährlichen und die säkularen Schwankungen dieser Gröfsen zum Verständnifs bringen? Wie schliefslich dem Zusammenhang derselben mit gewissen Erscheinungen des Sonnenballs den Charakter des Wunderbaren rauben? Der Präsident der physikalischen Sektion der britischen Gesellschaft für die Beförderung der Wissenschaft, der durch seine Forschungen auf elektrischem Gebiete rühmlichst bekannte Arthur Schuster, hat neulich auf Grund einiger durchaus plausibler Hypothesen der Aufklärung dieser Räthsel näher zu kommen gesucht. Wir erwähnten bereits auf Seite 194, dafs er die täglichen Schwankungen der Magnetnadel als die Folgen elektrischer Ströme in der Luft ansieht, die vom Sonnenstande beeinflufst und auch durch die täglichen Schwankungen des Barometers verrathen werden. Die Sonne selbst ist — daran darf man nicht zweifeln — der Sitz gewaltiger elektrischer Energieen. Die Kometenschweife sind elektrische Entladungen, die diesen Energien ihre Entstehung verdanken, und die Sonnenfinsternisse offenbaren uns im Aufleuchten der Korona das Ausströmen grofser Elektrizitätsmengen aus dem Sonnenleibe. Sollte vielleicht jede grofse, in Rotation befindliche Masse ein Magnet sein, wie unsere Erde? Dann würde sich die Sonne auch als solcher verhalten, und damit würden jene Ausstrahlungen in ähnlicher Weise beeinflufst werden, wie nach Jakobi die Entladungserscheinungen in den Geifslerschen Röhren durch einen Magneten abgelenkt werden. Man erklärt die letzterwähnte Thatsache bekanntlich so, dafs man annimmt, jedes Gas werde durch eine hindurchgehende elektrische Entladung selbst zu einem Leiter; und Versuche von Schuster stützen diese Ansicht, da sie zeigen,

Digitized by Google

dafs viele für leitende Flüssigkeiten bekannte Erscheinungen sich auch bei Gasen wiederfinden, durch welche eine elektrische Entladung geht. So hofft Schuster primäre und sekundäre Elemente aufzufinden, bei denen ein Gas die Stelle der leitenden Flüssigkeiten vertritt. Offenbar ist es auch möglich, dafs Gase unter gewissen anderen Bedingungen zu Leitern werden, und wahrscheinlich befinden sich die oberen Luftschichten gerade in diesem Zustande, da sie der Sitz des Polarlichtes sind, und — wie erwähnt — wohl auch die täglichen magnetischen Variationen durch die in ihnen fliefsenden Ströme bedingt sind.

Soll die Sonne durch den interplanetaren Raum elektrisch wirken können, so mufs dieser Stoff genug enthalten, um zu einem Leiter zu werden. Auch dies ist in hohem Grade wahrscheinlich, wenn auch der elektrische Widerstand des Weltraumes ein sehr grofser sein mufs, da die Rotationsachse der Erde in historischer Zeit gröfsere Verschiebungen nicht erfahren konnte. Der innerhalb dieses Leiters rotierende magnetische Erdkörper ist aber offenbar fähig, innerhalb desselben Ströme zu induzieren, die ihrerseits auf den Erdmagnetismus zurückwirken mufsten und seine säkularen Schwankungen hervorbringen konnten.

Bei der Untersuchung des Zusammenhanges der Sonnenflecke mit dem Erdmagnetismus handelt es sich zunächst um die Entscheidung der Frage: Was ist ein Sonnenfleck? Ist es eine unseren irdischen Cyklonen an Natur ähnliche Erscheinung, wie man allgemein annimmt? Schuster verneint dies, weil der Anblick der meisten Sonnenflecke diese Ansicht keineswegs stützt und weil dann die Mitglieder einer Fleckengruppe sich auf bestimmte Art um einander bewegen müfsten, wie sie keineswegs von den Beobachtungen angezeigt wird. Er glaubt vielmehr, im Anschlufs an Huggins'sche Untersuchungen, in den Sonnenflecken eine Wirkung jener elektrischen Entladungen suchen zu müssen, welche künstlich die Verdampfung an der Sonnenoberfläche beschleunigen und so an den Stellen, wo sie stark sind, eine Erkältung, einen Sonnenfleck hervorbringen. Aber woher kommt ihre Periodizität und damit diejenige der magnetischen Erscheinungen? Sollte sie sich nicht auf eine periodische Aenderung der Leitungsfähigkeit des Weltraums zurückführen lassen, welche ihrerseits durch meteorische Materie, die gerade in den bekannten elf Jahren eine Rotation um den Sonnenball ausführt, bedingt sein könnte? Schuster schliefst seine interessanten Betrachtungen durch einen Blick auf das eigenthümliche Gesetz, dem die Umdrehung der

Digitized by Google

Photosphäre folgt, bei welcher die Sonnenflecke noch ihre eigenen Bewegungen ausführen. (Die Winkelgeschwindigkeit der Photosphäre ist bei 75° heliographischer Breite 30 pCt. geringer als am Sonnenäquator). Sollte hierin die Wirkung herankommender meteorischer Materie zu suchen sein, wie W. Thomson will, oder die einer andern Kraft? „Die Besonderheiten der Sonnenoberfläche", das sind die Endworte Schusters, „scheinen mir die ganze Aufmerksamkeit der Gelehrten zu verdienen. Ihre Erklärung würde, wenn man sie geben könnte, wahrscheinlich diejenige mehrerer anderer Erscheinungen mit sich führen." Sm.

Ueber die Ringbildung als Auflösungsprozess.

In einem früheren Artikel über den fünften Jupitermond (im gegenwärtigen Jahrgange, Seite 142 ff.) wurde bereits darauf hingewiesen, dafs auf der Oberfläche des sehr kleinen und in der Nähe des nach der Sonne mächtigsten Anziehungscentrums kreisenden Mondes ein ganz seltsamer Wettstreit zwischen den Anziehungskräften besteht, welche dort einen freien Körper einerseits nach dem Mittelpunkte des Mondes selbst, andererseits zum Jupiter zu ziehen streben, und zwar kam ich zu dem Schlusse, dafs die nach dem Jupiter hinwirkende Kraft entschieden die überwiegende sein müsse. Da dieses Resultat einen recht interessanten kosmogonischen Gesichtspunkt eröffnet, auf welchen ich sogleich kommen werde, so wird es zunächst von Wichtigkeit sein, darzuthun, in wie weit das obige Resultat hypothetisch ist.

In dieser Hinsicht erlaube ich mir, meine im ersten Jahrgange dieser Zeitschrift erschienenen Artikel „Eine beweisführende Darstellung des Weltgebäudes in elementarer Form" in Erinnerung zu bringen. Es wurde darin auch dem mathematischen Laien gezeigt, dafs man theoretisch im stande ist, mit vollkommener Sicherheit die Schwerkraft zu bestimmen, welche auf einem beliebigen Himmelskörper unseres Planetensystems stattfindet, unter der Voraussetzung, dafs derselbe von einem anderen umkreist wird. Dieses Kreisen ist eben eine direkte Folge der Anziehungskraft des centralen Körpers, welche erwiesenermafsen im ganzen Sonnensystem mit dem Quadrate der Entfernung vom Zentrum abnimmt. Gleichzeitig ist diese Schwerewirkung von der Masse des Körpers direkt abhängig. Wenn man

Digitized by Google

in einem bestimmten Falle durch die Beobachtung findet, dafs ein Mond nach seinem Hauptkörper hin um ein Bestimmtes schneller fällt, als in der gleichen Entfernung ein Körper zur Erde hin fallen würde, so beweist dies, dafs der betreffende Hauptkörper in demselben Verhältnifs mehr Masse besitzt als die Erde.

Da Jupiter nun aufser dem neuen vier altbekannte Monde besitzt, deren Bewegungen ganz genau studirt worden sind, so kann man mit aller Bestimmtheit berechnen, welche Anziehungskraft Jupiter nicht nur auf einen Körper an seiner Oberfläche, sondern auch in einer ganz beliebigen Entfernung von derselben ausübt. Wenn wir also finden, dafs in der Entfernung des ersten, d. h. des neuen Jupitermondes, ein Körper in der ersten Sekunde 1.96 m gegen Jupiter fallen würde, so war dies mit unzweifelhafter Sicherheit zu ermitteln.[1]) Versetzen wir uns nun auf die Oberfläche des neuen Mondes, und denken wir uns den Jupiter gerade über unsern Häuptern stehend, so wird jeder Gegenstand der Oberfläche das Bestreben haben, in der ersten Sekunde um die oben angegebene Strecke gegen Jupiter hin zu eilen; für den letzteren hat man dies seine Fallbewegung zu nennen, für den Mond ist es ein Emporstreben. Es fragt sich nun, ob diese Kraft des Hauptplaneten gröfser ist als die Anziehungskraft, welche die Masse des Satelliten auf diesen Oberflächengegenstand ausübt. Diese letztere Gröfse kann nun unter gewissen Voraussetzungen allein hypothetisch ermittelt werden, weil wir keinen Körper sehen, auf den dieser Mond solche Anziehungskraft ausübt. Wir müssen hypothetische Voraussetzungen über die Dichtigkeit der Masse machen, aus welcher der Mond gebildet ist und zugleich auch über seine Gröfse, d. h. seinen Durchmesser. Was nun die Dichtigkeit anbetrifft, so haben die Anziehungswirkungen, welche die übrigen Monde des Jupiter auf einander ausüben, ergeben, dafs letztere weniger dicht sind als Jupiter selbst. Derselbe besteht nun notorisch aus einer viermal weniger dichten Masse als unsere Erde, diese wieder ist im Durchschnitt viel weniger dicht als viele der schwereren Stoffe, welche auf ihr vorkommen, z. B. übertrifft die Dichtigkeit des Platin die der Erde um das Vierfache. Platin ist der dichteste, der schwerste von allen bekannten Stoffen; würde die Erde aus Platin

[1]) Neuere Beobachtungen Barnards haben für die Entfernung und Umlaufszeit des neuen Himmelskörpers etwas andere Werthe ergeben als die zuerst veröffentlichten und hier benutzten. Man darf wohl um so eher die alten Werthe zunächst beibehalten, als die neueren gleichfalls noch nicht als definitive zu betrachten sind.

Digitized by Google

bestehen, so müfste unser Mond viermal schneller gegen sie hinzufallen streben. Kein Himmelskörper, den man daraufhin untersuchen konnte, besitzt eine so grofse Dichtigkeit. Nehmen wir also an, der neue Jupitermond besäfse dennoch die Dichtigkeit des Platin, so haben wir nach aller Wahrscheinlichkeit eine kaum mehr mögliche, oberste Grenze für seine Kraftäufserungen angenommen. Unter dieser Voraussetzung aber können wir nun ganz genau berechnen, wie grofs der neue Himmelskörper sein müfste, damit ein Gegenstand auf seiner Oberfläche genau so stark nach seinem Zentrum hin angezogen wird, wie vom Jupiter, so dafs er also, wenn für ihn der Hauptplanet im Zenith steht, ganz ohne alle Schwere sein würde. Es zeigte sich, dafs jener neue Mond zu diesem Ende einen Durchmesser von 1300 km haben müfste. Die wahre Gröfse dieses Mondes ist nun allerdings nicht direkt mefsbar; er erscheint, wie bekannt, als feinstes, durchmesserloses Lichtpünktchen, welches, soweit bekannt, bisher nur in zwei Fernröhren sichtbar gemacht werden konnte, von denen das eine das gröfste der Welt ist. Nun läfst sich aber wiederum mit Bestimmtheit berechnen, dafs ein Himmelskörper von 1300 km Durchmesser in der Entfernung des Jupiter einen Durchmesser von nahezu einer halben Bogensekunde haben und also in unseren guten Fernrohren der Neuzeit wahrnehmbar sein müfste. Da dies nun nicht der Fall ist, so ist mit Bestimmtheit zu schliefsen, dafs ein frei beweglicher Gegenstand auf der Oberfläche des neuen Mondes sofort von ihm hinweg nach dem Jupiter hin fliegen mufs, sobald sich letzterer über den Horizont erhebt. Dieses Resultat ist nur in sofern hypothetisch, als es nur dann umgestofsen werden könnte, wenn der Satellit aus einer sehr viel dichteren Masse besteht, als wir sie jemals auf der Erde und im ganzen, weiten Universum kennen gelernt haben. Es sind deshalb jedenfalls viele Tausende gegen Eins zu wetten, dafs der neue Mond frei bewegliche Gegenstände auf seiner Oberfläche nicht zu fesseln vermag.

Es ist nun auffällig, dafs ähnliche, wenn auch meistens nicht so eklatante Verhältnisse für alle, ihrem Hauptkörper besonders nahe befindliche Monde vorliegen. Die beiden Marsmonde, der erste unter den alten Jupitermonden, die ersten drei Saturnsmonde, die ersten beiden Uranusmonde befinden sich in der gleichen Lage, wenigstens unter der Voraussetzung, dafs die Masse der Monde nicht dichter sei als die ihrer Planeten. Die hier beigegebenen, tabellarisch geordneten Zahlen mögen dies zeigen.

Digitized by Google

	g in Metern	△	D berechnet km.	D Beobachtung
Phobus	0.242	Marsdichte	2 550	8.3
Deimos	0.049	„	409	7.2
5. Jupitermond	1.96	Jupiterdichte	20 600	—
„ „	„	Platindichte	1 300	—
I Jupitermond	0.354	0.52 Jupiterdichte	7 170	3 814
II „	0.140	Jupiterdichte	1 475	3 413
Mimas	0.549	Saturnsdichte	12 090	513
Enseladus	0.333	„	7 330	635
Thetys	0.217	„	4 790	989
Dione	0.132	„	2 920	941
Rhea	0.068	„	1 500	1 295
Ariel	0.080	Uranusdichte	1 020	—
Umbriel	0.041	„	524	—
Titania	0.010	„	123	925
Neptunsmond	0.027	Neptunsdichte	229	3 163

In dieser Tabelle bedeutet g den Fallraum eines Körpers gegen den Planeten in der Entfernung des Satelliten; unter △ ist die angenommene Dichte der Satellitenmasse angegeben; die beiden letzten Rubriken geben den unter den oben näher bezeichneten Voraussetzungen errechneten und den aus photometrischen und anderen Messungen ermittelten, wahren Durchmesser des Satelliten.

Was wird nun unter den vorhin bezeichneten Umständen auf der Oberfläche dieser Satelliten vor sich gehen? Dies läfst sich mit Sicherheit rechnerisch verfolgen. Mit dem Bestreben der nicht durch molekulare Kräfte an die Oberfläche gebundenen Körper, dem Jupiter entgegenzufliegen, wird sich ihre Bewegung in der Bahn des Mondes verbinden, die Körper verlassen den Mond und streuen sich längs der Bahn hin aus, einen Ring bildend, dessen Durchmesser kleiner als der der Mondbahn sein mufs, und welcher in jeder Beziehung vollkommen dem duftigen, durchsichtigen Ringe gleicht, den die hellen Saturnringe umschliefsen. Kommen mehr und mehr Gegenstände, Staub, Gestein, das sich von dem Monde losgebröckelt hat, hinzu, so wird der Ring immer dichter werden und schliefslich den hellen Saturnringen gleichen. An der äussern Grenze dieser Ringe wird der ursprüngliche Mond kreisen und den Ring mit seinen abtrünnigen Gegenständen weiter speisen. Es läfst sich leicht zeigen, dafs es niemals aufhören wird, solche abtrünnigen Gegenstände auf der Oberfläche eines beliebigen, festen Körpers zu geben, der in unse-

Digitized by Google

rem Sonnensysteme um einen anderen kreist. So lange ihn noch Wasser und Luft umgeben, was übrigens in diesem Stadium garnicht mehr möglich ist, besorgt die Verwitterung die Loslösung; wirkt diese nicht mehr, so mufs der nach Absorbirung der Atmosphäre um so kräftiger eingreifende Wechsel zwischen der Sonnenbestrahlung und der eindringenden Kälte des Weltraumes durch Ausdehnung und Zusammenziehung der Oberflächentheile Risse erzeugen, wie sie ja bereits unsere Mondoberfläche tausendfach überziehen, und endlich werden ganze Gesteinsschollen der Oberfläche, welche von solchen Rissen allseitig umgrenzt sind, sich losreifsen müssen. Dieser Zerbröckelungsprozefs wird zwar sehr langsam, aber auch ebenso unaufhörlich arbeitend, immer tiefere Schichten erreichen, sobald die oberen losgelöst und alle Trümmer über den Ring ausgebreitet sind. Wir können deshalb heute viele Tausende gegen eins wetten, dafs der fünfte Jupitermond längst einen solchen Ring zu bilden begonnen hat und also Jupiter augenblicklich ganz ebenso wie Saturn einen Ring in der Entfernung dieses Mondes besitzt. Wahrscheinlich aber ist derselbe allzu lichtschwach, um jemals wahrgenommen werden zu können. Immerhin wäre es nicht unnütz, wenn die mit den besten Fernrohren ausgerüsteten Astronomen nach demselben ausschauen würden; ebenso verhält es sich mit den anderen, oben bereits angeführten Monden der übrigen Systeme.

Durch die vorangehenden Betrachtungen war es also möglich, ein neues Glied zu der immer gröfseren Umfang gewinnenden Astronomie des Unsichtbaren hinzuzufügen. Es erscheint ferner kaum zweifelhaft, dafs die Saturnringe das Produkt einer Zersetzung mehrerer ursprünglicher Saturnmonde sind, worauf auch der Umstand hindeutet, dafs das Profil der Ringe sich nach aussen hin etwa birnenförmig ausdehnt. Das dichteste Konglomerat von Trümmern mufs sich nach unseren Betrachtungen in der That aufsen befinden, jedenfalls läfst sich zeigen, dafs ein kugelförmiger Haufen loser Trümmer, welche den Planeten in der betreffenden Entfernung umkreisen, diese Saturnringe bis in alle Einzelheiten ihrer Gestalt bilden müssen. Die Saturnringe sind also mit höchster Wahrscheinlichkeit nicht, wie man bisher glaubte, als ein durch noch unbekannte Ursachen stehengebliebenes Bildungsstadium eines Weltkörpers, sondern als ein Zerstörungsprodukt eines solchen aufzufassen.

Setzen wir die Kant-Laplacesche Weltentstehungshypothese als eine Thatsache voraus, so läfst sich aus dem blofsen Vorhanden-

Digitized by Google

sein des 5. Jupitermondes in der beobachteten Entfernung schliefsen, dafs er seit seiner Entstehung sich um ein beträchtliches Stück dem Hauptkörper genähert hat. Es ist nämlich unmöglich, dafs bei der vorherrschenden Schwerkraft des Hauptkörpers in dieser Entfernung eine Kondensirung der Materie des ursprünglichen Ringes zu einem Satelliten stattfinden konnte, der nicht im stande ist, seine Oberflächentheile aus eigener Kraft festzuhalten.

Es existiren bekanntlich noch manche anderen Gründe, welche eine allmähliche Annäherung der sekundären Weltkörper gegen das Zentrum ihres Systems hin höchst wahrscheinlich machen. Namentlich ist es der überall im Weltenraume vorhandene Meteorstaub, welcher, den Bewegungen der Himmelskörper einen beständigen Widerstand entgegenstellend, sie zum langsamen Fallen gegen die Anziehungszentren hin zwingt. Wenn nun diese Voraussetzungen richtig sind, so sieht man, wie dieses unscheinbarste und flüchtigste Agens im Weltgebäude einer der hauptsächlichsten Faktoren für die Auflösungs-, die Zerstörungsthätigkeit der Weltkörper bildet. Er führt dieselben zunächst bis an jene Grenze, von welcher ab die Anziehungskraft des Hauptkörpers beginnt, Theile von ihrer Oberfläche abzulösen. Hier setzt die Zerstörungsthätigkeit ein, und in den meisten Fällen wird wohl weit bevor der Satellit auf seinen Planeten hätte fallen können, seine Auflösung zum Ringe vollständig geworden sein. Alsdann hätte also der Meteorstaub, welcher die Ursache dieser Hemmung und folglich auch jenes verhängnifsvollen Falles war, den Hauptkörper doch zugleich vor der entsetzlichen Katastrophe des Niederstürzens der Satellitenmasse als ein Ganzes, bewahrt. Nur als ganz winzige Bruchstücke, Sternschnuppen, Meteoriten, stürzt im Laufe von ungezählten Jahrtausenden die Satellitenmasse wieder auf ihren Mutterkörper zurück.

Unser Mond, auf welchem ein Körper in der ersten Sekunde um 0,829 m fällt, würde beginnen sich zu einem Ringe aufzulösen in 2,43 Erdradien Entfernung vom Erdmittelpunkte. Es ist nicht unmöglich, dafs der Schein des Zodiakallichtes von einem Ringe kleiner Meteoriten herrührt, welche das Zerstörungsprodukt eines kleineren, ehemals vorhandenen Erdmondes sind.

Es mag schliefslich auf die auffällige Thatsache hingewiesen werden, dafs alle diejenigen Satelliten unseres Planetensystems, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach bereits innerhalb der Zone befinden, in welcher die Auflösungsthätigkeit der Anziehungskraft beginnt, auffallend klein sind, woraus zu vermuthen, dafs eben die Auflösung

Digitized by Google

bereits wesentlich vorgeschritten ist. Nur der bisher sogenannte erste Jupiter-Satellit macht, wenn er auch der kleinste unter den vier alten ist, hiervon eine Ausnahme. Es ist jedoch zweifelhaft, ob die angenommene Dichte gleich der Hälfte der des Jupiter, der Wirklichkeit entspricht; sollte er noch einmal so dicht, also eben so dicht wie Jupiter sein, so befindet sich der Satellit noch aufserhalb der Zerstörungszone.

Endlich geben auch die Krater unseres Mondes einen Anhaltspunkt für die Richtigkeit der hier vorgetragenen Ansicht. Lösen sich nämlich wirklich die Satelliten in Staubringe auf, und stürzen aus diesen allmählich Bruchstücke auf die feste Oberfläche des Hauptkörpers herab, so werden durch diesen Aufsturz Gebilde entstehen, welche, wie das Experiment beweist, den Mondkratern täuschend ähnlich sehen. Der Einwand, welchen man gegen die ältere meteorische Hypothese über die Mondkraterbildung erhob, dafs die grofse Anzahl der betreffenden Gebilde auf unserem Satelliten schwerlich von jenen sporadischen Meteoriten herrühren könne, wie sie gelegentlich unserer Erde begegnen, fällt hier weg. Solche Ringmeteoriten können und müssen ja in den meisten Fällen massenhaft auftreten und ganze Regenschauer erzeugen, wie sie gewisse Gebiete der Mondoberfläche zu verrathen scheinen. Da in jüngster Zeit Herr Dr. Gilbert in Washington (Publications of the Astronomical Society of the Pacific; vol. IV., No. 26) eine ganz ähnliche Ansicht über die Entstehung der Mondkrater aussprach, erlaube ich mir darauf hinzuweisen, dafs ich in vollständiger Uebereinstimmung mit dem genannten Herrn diese Ueberzeugung bereits in meinem populären Buche „Die Königin des Tages", Seite 126 u. f. (Teschen 1885) und in dem in der Urania vielfach wiederholt gehaltenen Vortrage „Von der Erde bis zum Monde" (Sammlung populärer Schriften, herausgegeben von der Gesellschaft Urania No. 1 Seite 21 u. f.) ausgesprochen habe.

Dr. M. Wilhelm Meyer.

Die Entfernung der Fixsterne. Die Frage, wie weit die Sternchen, die man als die besonders fest an den Himmel gehefteten ansah, von uns entfernt sind, ist bekanntlich bis in unser Jahrhundert eine offene gewesen. Das einzige Mittel, uns darüber ein Urtheil zu verschaffen, liegt in dem Studium jener geringen Verschiebungen, welche dieselben scheinbar erleiden, während die Erde ihre jährliche Bahn um

Digitized by Google

das Tagesgestirn vollendet. Ein Bild dieser Bahn ist die kleine Ellipse, die jedes Sternchen im Laufe des Jahres am Himmel beschreibt. Mifst man besonders in den Endpunkten der grofsen Achse dieser Bahn sorgfältig den Abstand des Sterns von einigen seiner Nachbarn, die man praktisch für unendlich ferne Sterne ansehen kann, so erhält man die Länge der grofsen Achse jener Ellipse, deren Hälfte man als die Parallaxe des Sternes bezeichnet. Diese sorgfältigen Messungen konnten aber erst dann mit gehöriger Genauigkeit ausgeführt werden, als den Astronomen das genaueste Mefsinstrument in die Hände geliefert war. Erst einem Bessel gelang es mit Hülfe des Heliometers die Parallaxe seines Schwanensternes zu eruiren. Freilich hat sich neuerdings herausgestellt, dafs auch so alte Durchgangsbeobachtungen, wie die von Molyneux im dritten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts zu Kew in England angestellten, bei welchen sich derselbe eines eigens für Parallaxen-Ermittelung bestimmten Instrumentes bediente, ihrem Zwecke angepafst waren; wenigstens hat Auwers für den Zenithstern Draconis aus jenen Messungen einen Werth der Parallaxe erhalten, der freilich mit einem mittleren Fehler von einem Zehntel der Bogensekunde behaftet war, während schon Bessels erste Parallaxen-Bestimmung nur einen solchen von einem Fünfzigstel der Bogensekunde ergab. Um dieselbe Zeit, als Bessel seine Heliometer-Beobachtungen ausführte, hatte Henderson am Kap der guten Hoffnung Parallaxen-Bestimmungen versucht und für den Stern α Centauri eine noch geringere Entfernung eruirt, als Bessel für seinen Schwanenstern erhielt. Aber diese Erfolge sowie einige spätere waren zu vereinzelt, um auf den Bau des Weltalls irgend einen Schlufs zu gestatten.

Das systematische Bestimmen von Fixstern-Entfernungen hat erst ganz neuerdings begonnen, und die dabei erreichten Resultate berechtigen zu kühnen Erwartungen für die Zukunft. Im wesentlichen sind dabei drei Methoden zur Anwendung gelangt. Kapteyn hat gezeigt, dafs jene ältere Methode der Beobachtung von Sterndurchgängen, bei denen die Unterschiede in der Position zwischen dem fraglichen Sterne und bekannten Nachbarsternen besonders in den äufsersten Punkten jener scheinbaren elliptischen Bahn derselben sich ergaben, keineswegs so erfolglos ist, als man nach den Beobachtungen vor Bessel hätte glauben sollen. Durch zwei Jahre lang (1885 bis 1887) fortgesetzte Durchgangsbeobachtungen am Leydener Meridiankreis hat der geschickte Beobachter die Parallaxen von etwa 15 Sternen von ganz verschiedenen Gröfsen und sehr verschiedenen Eigen-

Digitized by Google

bewegungen gefunden, und die dabei übrig gebliebenen mittleren Fehler liegen zwischen dem dreifsigsten und dem sechzehnten Theil einer Bogensekunde. Die grofse Sicherheit, die ein gut geschulter Beobachter auch mit diesem Verfahren erreichen kann, ist damit gezeigt. Das zweite Verfahren ist das Besselsche. Elkin hat mit dem Heliometer von New Haven, das ihm von Merz in München geliefert war, alle dort sichtbaren Sterne erster Gröfse auf ihre Parallaxe geprüft, und die noch übrigen südlichen dieser hellsten Sterne waren durch Kap-Beobachtungen, die Elkin vordem in Gemeinschaft mit Gill ausgeführt hatte, wohl bekannt. Die Sicherheit dieser Messungen läfst dieselben kaum um ein Dreifsigstel der Bogensekunde fehlerhaft erscheinen. Aber die beiden oben genannten Methoden, so sicher sie sind, erfordern eine langwierige Arbeit für jeden einzelnen Stern. Die Messungen sind oft zu wiederholen, weil das Auge des Beobachters die Lichteindrücke eines Sternes nicht fortwährend genau an derselben Stelle empfängt, dieser vielmehr schon wegen der Unruhe der Luft auf der Netzhaut des Auges nicht so sicher seine Orte aufzeichnet, als im Interesse so feiner Messungen wünschenswerth wäre. Hier tritt wieder einmal das neue Auge des Astronomen, die photographische Platte, in ihr Recht. Die verschiedenen Lichteindrücke eines Sternes sammeln sich auf dieser zu einem Gesamtbilde, dessen Mittelpunkt bei der späteren Ausmessung der Platte sich viel leichter und sicherer auffassen läfst, als der Lichtpunkt bei den direkten Augenbeobachtungen.

Die photographische Methode ist in den letzten Jahren in Oxford von dem verdienten Leiter der dortigen Sternwarte, dem hochbetagten Prof. Pritchard, zu einer solchen Vollkommenheit ausgebildet worden, dafs es ihm gelungen ist, für einige dreifsig Sterne zweiter Grösse, die in Oxford sichtbar sind, die Parallaxe zu eruiren und zwar mit einer nicht viel geringeren Sicherheit, als sie die Heliometerbeobachtungen erreichen lassen. Schon der erste Versuch, der bereits vor sechs Jahren mit Bessels Schwanenstern angestellt wurde, hatte einen schlagenden Erfolg gehabt. Durch Vergleich mit vier Nachbarsternen war hier die Parallaxe mit derselben Sicherheit, wie sie Bessel erreicht hatte, ermittelt worden. Bei den ferneren Arbeiten erwies es sich als völlig genügend für die Genauigkeit, wenn nur Messungen an den äussersten Punkten der Bahnellipse, also um zwei Zeitpunkte, die ein halbes Jahr auseinanderlagen, angestellt wurden. Sollte wirklich diese Methode an Genauigkeit gegen die Heliometer-Messungen zurückstehen, so ist doch ihr Vortheil, dafs sie in viel

Digitized by Google

kürzerer Zeit eine gröfsere Anzahl von Sternen auf ihre Entfernung prüfen läfst, zu sehr in die Augen springend, als dafs man nicht in ihr die Methode der Zukunft erkennen sollte. Denn viele Sterne mufs man bezüglich ihrer Entfernungen kennen, um über die Zusammensetzung des Weltalls eine einigermafsen haltbare Ansicht zu gewinnen. Was Elkins und Pritchards Messungen bisher erkennen lassen, das hat letzterer neuerdings zusammengestellt.

Nach Elkins Messungen kommt den Sternen erster Grösse eine mittlere Parallaxe von 0″,089 zu, nach Pritchards photogrammetrischen Bestimmungen besitzen diejenigen der zweiten Gröfse eine mittlere Parallaxe von 0″,056. Hieraus läfst sich freilich leider kein Schlufs auf ihre mittlere Entfernung ziehen, weil in jeder der beiden Klassen Sterne von sehr, sehr grofsem Abstande von dem Sonnensystem vorkommen. (Merkwürdig ist immerhin, dafs das Verhältnifs jener Zahlen [1,6] genau dasjenige ist, welches den Entfernungen der Sterne zukommen müsste, wenn man annimmt, dafs ihnen allen im Durchschnitt dieselbe Lichtintensität innewohnt.) Der einzige Schlufs hieraus, zu dem sich Pritchard berechtigt glaubt, ist der, dafs die Sterne erster Gröfse uns im Durchschnitte näher liegen, als diejenigen der zweiten Gröfse. Ordnet man ferner die durchgemessenen Sterne nach der Grösse ihrer scheinbaren Eigenbewegungen, so erkennt man, dafs durchschnittlich die entfernteren auch eine geringere Eigenbewegung besitzen, und das hätte man allerdings voraussetzen dürfen. Man sieht ein, dafs, wenn auch die sichere Ausbeute, die in Beziehung auf die Erkenntnifs des Universums aus den Parallaxenbestimmungen bisher gewonnen ist, noch recht gering ist, doch die Schritte, die in der durch die angezogenen Messungen bestimmten Richtung fernerhin zu machen sind, uns dem bezeichneten Ziele näher bringen werden. Man wird dann auch die durchmessenen Sterne nach ihrem Spektralcharakter anordnen können, und wir hoffen, dafs sich hieraus wichtige Aufschlüsse über den Bau des Weltalls ergeben werden. Sm.

Der Wärmeaustausch an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre.

Unter diesem Titel ist kürzlich in den Sitzungsberichten der Königl. preufs. Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung des Herrn Prof. von Bezold erschienen, in welcher eines der wichtigsten Probleme der Thermodynamik, nämlich die Verfolgung der von der

Digitized by Google

Sonne gelieferten Wärmemengen von ihrem Eintritt in die Atmosphäre bis zu ihrem Austritt, einer ersten Lösung zugeführt werden soll. Ueber die Gesichtspunkte, welche bei der Untersuchung dieser periodisch stationären Vorgänge mafsgebend sind, hat Herr von Bezold selbst in dieser Zeitschrift Mittheilungen gemacht,[1]) auf welche zur Ergänzung des Folgenden hier verwiesen sein möge.

Ein kleiner Ueberschlag über die Wärmemengen, welche bei der Erwärmung von Wasser und Land, bei der Verdunstung, Eisschmelzung und dergl. verbraucht werden, zeigt unter anderem, dafs für die Bestimmung der totalen Energie der Atmosphäre der Gehalt an Wasserdampf mehr als bisher beachtet werden mufs, dafs dagegen die durch die Windbewegung bedingte aktuelle Energie für die meisten Zwecke zu vernachlässigen ist. Selbst bei Annahme einer mittleren Windgeschwindigkeit der ganzen Atmosphäre von 20 m. p. s. würde die plötzliche Umwandlung dieser Bewegung in Wärme eine Temperaturerhöhung von nur $0^0.2$ hervorbringen; es sind diese Energiemengen verschwindend klein gegen jene, welche bei der Aenderung des Aggregatzustandes des Wassers, insbesondere bei der Verdunstung und Kondensation zum Austausch kommen. Vergleicht man die für diese Zwecke verbrauchte Wärme mit den Mengen, welche innerhalb einer gewissen Zeit von der Sonne geliefert werden, so findet man, dafs unter der Voraussetzung einer mittleren Niederschlagshöhe der Erde von 55 cm und des Werthes 2.5 für die Solarkonstante zur Verdunstung dieser Niederschlagsmenge $^1/_{10}$ der von der Sonne gelieferten Wärme nothwendig ist und dafs den unteren Schichten der Atmosphäre wenig mehr als $^1/_{10}$ der gesamten Strahlung zu gute kommt. Man mufs daraus schliefsen, dafs ein viel kleinerer Bruchtheil der Gesamtstrahlung zu uns gelangt, als nach den Messungen an wolkenlosen Tagen angenommen wurde; eine bedeutende Wärmemenge wird von den Wolken absorbirt, eine noch gröfsere Menge an der oberen Wolkengrenze reflektirt werden.

Als die erste der speziellen Untersuchungen über diesen Gegenstand wird in der genannten Arbeit der Wärmeaustausch im Erdboden behandelt. Diese Betrachtung bietet verhältnifsmäfsig geringe Schwierigkeiten, da die Energie hier nur in der Form von thermometrisch mefsbarer Wärme auftritt, sofern man von den Aenderungen im Wassergehalte des Bodens absieht. Es zeigt sich dabei, dafs man zur Bestimmung der Energieänderungen innerhalb eines gegebenen

[1]) Himmel und Erde, V. Jahrgang, S. 7 ff.

Digitized by Google

Zeitraumes von der Leitungsfähigkeit des Erdbodens und den Strahlungsverhältnissen der Oberfläche absehen kann; man braucht aufser der Wärmekapazität des Bodens nur die Aenderung der Mitteltemperatur desselben von der Oberfläche bis zu der Tiefe, in welcher die Schwankungen unmerklich werden — also bis zu mindestens 6 m Tiefe — zu kennen. Die Temperaturänderungen lassen sich sehr übersichtlich veranschaulichen durch ein graphisches Verfahren, bei welchem die Temperaturen als Ordinaten, die Tiefen als Abscissen dargestellt sind. Ganz ähnlich wie in der Technik bei einer Indikatorkurve die geleistete Arbeit, hat man in diesen Kurven — der Verf. nennt sie Tautochronen — ein Mafs für die aufgenommenen bezw. abgegebenen Wärmemengen. Man gelangt dabei zu dem überraschenden Ergebnifs, dafs es zur Bestimmung des jährlichen Wärmeaustausches genügt, wenn man die Temperaturvertheilung im Erdboden zu jenen Zeiten des Jahres kennt, wo die Wärmeaufnahme in Abgabe übergeht und umgekehrt.

Die praktische Anwendung dieser Untersuchung wird an den Tautochronen für München und für Nukufs am Amu Darja gezeigt, indem aus dem Verlaufe dieser Kurven die ausgetauschten Wärmemengen und die Höhe der Wasserschicht, welche diese Mengen zur Verdunstung bringen können, berechnet wird. Es ergiebt sich, dafs durch die ausgetauschte Wärme des Erdbodens in München kaum $^1/_{26}$ des jährlich fallenden Niederschlags verdunstet werden kann und selbst in Nukufs, einem der regenärmsten Gebiete des europäisch-asiatischen Kontinentes, noch nicht die Hälfte. Es spielt also der Wärmeaustausch im Erdboden eine verhältnifsmäfsig geringe Rolle im Wärmehaushalte der Atmosphäre; immerhin zeigt aber schon diese kurze Untersuchung, einen wie viel tiefern Einblick man in das Wesen der Sache gewinnt, sobald man an die Stelle einer rein statistischen Betrachtung der Temperaturverhältnisse eine mehr physikalische Diskussion der Energieänderungen treten läfst. Sg.

Digitized by Google

Brester: Théorie du soleil. Aus den „Verhandelingen der Kon. Akademie van Wetenchappen te Amsterdam". Amsterdam 1892, Joh. Müller.

In der vorliegenden Schrift veröffentlicht Brester eine sorgfältig bis ins Einzelne ausgearbeitete Theorie der Sonne, die von völlig neuen und den jetzt ziemlich allgemein angenommenen Ansichten direkt entgegengesetzten Grundlagen ausgeht. Die durch die Beobachtung der Protuberanzen und Flecken entstandene Vorstellung, dafs auf der Oberfläche des Sonnenballs beständig sehr lebhafte Massenbewegungen vor sich gehen, hält Brester nämlich für einen fundamentalen Irrthum. Aus der regelmäfsigen Schichtung der verschiedenen chemischen Elemente nach ihrer Schwere schliefst Verf. vielmehr, dafs die Sonne ein in majestätischer Ruhe befindlicher Feuerball ist. Die Flecken, Fackeln und Protuberanzen sollen da zur Erscheinung kommen, wo vorher dissociirte oder „überdissociirte" Stoffe sich infolge der allmählichen Abkühlung und der damit verbundenen Kondensation trennender Gase plötzlich unter Lichtentwicklung verbinden (Protuberanzen). Die bei dieser Vereinigung hervortretende Wärme (éruption de chaleur) führt aber zu keiner Temperaturerhöhung, sondern zu einer Vergasung bereits kondensirter Stoffe, so dafs an der betreffenden Stelle eine starke Absorption des photosphärischen Lichtes, also ein Fleck, entsteht. Die Fackeln endlich hält Brester für wellige Aufstauungen der Photosphäre oder Chromosphäre an den Rändern der Flecken. Die riesigen, scheinbaren Bewegungen, welche wir bei den Protuberanzen wahrnehmen, wären danach durch schnelle Fortpflanzung des einmal eingeleiteten Verbindungsvorganges ohne materielle Bewegung zu erklären, ähnlich wie die schnelle Ausbreitung der Flamme bei einer Explosion. — Die ungleiche Rotationsdauer der verschiedenen heliographischen Breiten sucht Brester durch die Annahme zu erklären, dafs zwar die Photosphäre fast genau kugelförmig, der gasförmige Sonnenkörper aber sehr stark abgeplattet sei und wie ein fester Körper rotire. Dadurch, dafs die sich bildenden Kondensationen in das Niveau der Photosphäre übergehen, bewirken sie die den verschiedenen Zonen der Photosphäre zukommende, mit der Breite veränderliche Rotationsgeschwindigkeit. In der Breite von 11° stimmt nach Brester die Rotationsdauer der Photosphäre mit der des Gasballs überein und darin soll die Ursache für das Maximum der Fleckenbildung in dieser Zone liegen.

Ohne auf eine Kritik von Einzelheiten uns einzulassen, müssen wir der mit anerkennenswerther Sorgfalt durchgearbeiteten Theorie Bresters die auf spektralanalytischem Wege festgestellte Realität der gewaltigen Massenbewegungen auf der Sonne entgegenhalten. Gegenüber den Beobachtungen der Linienverschiebung in den Protuberanzen vermag der Verfasser seinen Standpunkt nur dadurch aufrecht zu erhalten, dafs er an der Richtigkeit der sich auf das Dopplersche Prinzip stützenden Schlüsse zweifelt. Unseres Erachtens nach ist nun aber die Anwendbarkeit des Dopplerschen Prinzips auf Lichtwellen trotz des Mangels eines mathematischen Beweises durch glänzende Erfahrungsbestätigungen so sicher gestellt, dafs man dieses Prinzip gewifs

Digitized by Google

nicht um einer Hypothese willen wird aufgeben dürfen. Brester selbst stützt sich an anderer Stelle sogar auf das Dopplersche Prinzip, da er die Diskordanz der von Dunér und Crew an Linienverschiebungen gewonnenen Resultate für die Sonnenrotation durch seine Theorie zu erklären sucht. Sonach scheint uns der eben berührte Punkt der Felsen zu sein, an welchem die Brestersche Theorie ihrem wesentlichen Inhalte nach scheitert, wofern es ihrem Urheber nicht gelingt, experimentell zu beweisen, dafs Linienverschiebungen auch entstehen können, wenn sich ein mit Lichtaussendung verbundener Vorgang in ruhenden Gasen schnell über weite Strecken hin ausbreitet. F. Kbr.

Annuaire pour l'an 1893, publié par le bureau des longitudes. Paris, Gauthier-Villars. Prix 1,50 fr.

Das diesjährige Pariser Annuaire enthält neben dem vortrefflichen astronomischen Kalender und den stets beigegebenen, zahlreichen praktischen Tabellen aus den verschiedensten Wissensgebieten noch Abhandlungen von Janssen über das Observatorium auf dem Mont-Blanc, sowie über die Aëronautik, ferner eine ausführliche Darstellung der Beziehungen zwischen elektrostatischen und elektrodynamischen Erscheinungen aus der Feder von A. Cornu, und endlich Nachrufe für Bonnet, Mouchez und Perrier.

Dr. v. Zech, Aufgaben aus der theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. Zweite Auflage unter Mithilfe von Dr. C. Cranz. Stuttgart 1891. J. B. Metzlerscher Verlag. Gr. 8°. VIII und 225 S. Preis 4,20 M.

Den einzelnen Abschnitten dieser reichhaltigen und verdienstlichen Aufgabensammlung sind die nothwendigsten Erläuterungen und Grundformeln der analytischen Mechanik vorangestellt, um den Leser auf diejenigen Hilfsmittel hinzuweisen, deren er zur Lösung der nachfolgenden Aufgaben benöthigt. Während aber das Endergebnifs häufig schon im Anschlufs an den Text der Aufgabe selbst Aufnahme gefunden hat, ist die ausführlichere Lösung in der Regel erst in einem Anhang zu dem betreffenden Kapitel wiedergegeben; Referent glaubt dies als einen besonderen Vorzug der Sammlung hervorheben zu sollen. Da dieselbe sich namentlich an diejenigen wendet, welche sich dem Studium der technischen Wissenschaften widmen, so ist demzufolge auch die Mehrzahl der gebotenen Aufgaben, deren Lösung bei einiger Uebung meist nicht eben besondere Schwierigkeiten bieten wird, mit besonderer Rücksicht hierauf ausgewählt. Besonders erwähnt sei noch, dafs die vorliegende zweite Auflage um eine Anzahl von Aufgaben bereichert worden ist, welche in den letzten Jahren in Württemberg beim realistischen Professorratsexamen gestellt worden sind; auch ein kurzer Abschnitt über die wichtigsten Elemente der Graphostatik (von Dr. Cranz) hat Aufnahme gefunden. Die Nachrechnung einiger weniger Aufgaben und der dazu gegebenen Lösungen läfst erwarten, dafs nur vereinzelt ganz unwesentliche Versehen stehen geblieben sein dürften. An verschiedenen Stellen möchte allerdings eine etwas weniger knappe Form des Textes erwünscht erscheinen, weil dadurch leicht das Verständnifs der Aufgaben erschwert werden kann. G. W.

Carl Heim, Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen mit Gleichstrombetrieb. Verlag von O. Leiner, Leipzig 1892. Preis 8 M.

Die Verwendung gleichgerichteter Ströme zur elektrischen Beleuchtung hat sich seit etwa zehn Jahren, eine Zeit lang sogar fast allein, entwickelt und in neuerer Zeit eine immer ausgedehntere Verbreitung gefunden. Erst neuerdings tritt der Wechselstrom mit in den Wettbewerb, und deshalb ist seine technische Durcharbeitung bei weitem noch nicht auf dem Wege eines so ruhigen Fortschreitens, wie die des Gleichstroms. Aus diesem Grunde hat der Verfasser

Digitized by Google

sein Thema in der durch den Titel seines Werkes ausgedrückten Weise beschränkt.

Zunächst giebt der Verfasser eine kurze physikalische Einleitung. Das Ohmsche Gesetz, die elektrischen Maafseinheiten, die Beziehungen zwischen elektrischer und mechanischer Arbeit, das Güteverhältnifs, der Spannungsverlust, die verschiedenen Schaltungsarten werden kurz besprochen. Eine vollständige Begründung für die aufgestellten Sätze giebt der Verfasser natürlich nicht; wohl aber sind ihre gegenseitigen Beziehungen in einfacher und verständlicher Weise dargelegt. Der erste Abschnitt beschäftigt sich mit der Stromerzeugung; es werden die Hauptarten von Dynamomaschinen kurz besprochen, sowie allgemeinere Betrachtungen über Spannungsverlauf etc. angestellt. (Nebenbei bemerkt, darf an den Abscissen der Diagramme des Spannungsverlaufs nicht die Bezeichnung „Ohm" stehen). Es folgen Beschreibung und Angabe der Leistungsfähigkeit der von den bedeutendsten Firmen hergestellten Dynamos, sowie der zugehörigen Betriebsmaschinen. Die folgenden Kapitel seien nur kurz erwähnt. Kap. II: „Ueber Aufspeicherung der Arbeit" enthält eine treffliche Darstellung des gegenwärtigen Standes der Akkumulatorentechnik. Kap. III behandelt die elektrischen Lampen, Kap. IV spricht von der Leitung, Schaltung und Regulirung, Kap. V von Hülfsapparaten und Mefsinstrumenten, Kap. VI behandelt den Betrieb und die Betriebsstörungen, Kap. VII die besonderen Einrichtungen, welche beim Anschlufs an eine Zentrale nöthig sind, z. B. die Elektrizitätszähler. Das letzte Kapitel endlich enthält ausführliche Angaben über Projektirung und Kostenberechnung einer Beleuchtungsanlage.

Es ist aus dieser Inhaltsangabe wohl ersichtlich, dafs der Gegenstand nach allen Seiten hin gründlich besprochen worden ist. Da das Buch zudem durchweg eine präzise, anschauliche und einfache Darstellung aufweist, dürfte es sich im Kreise der Elektrotechniker bald einbürgern. Wir glauben aber, dafs es auch für den Physiker interessant und lehrreich ist, einen Gegenstand, den er in der Regel nur von der theoretischen Seite betrachtet, hier in der allerkonkretesten Form behandelt zu sehen. Bilden z. B. die praktisch so wichtigen Untersuchungen über die Gröfse der scheinbaren Verluste an Energie, oder die Preise, die man für ein gewisses Quantum Energie je nach den besonderen Umständen zu zahlen hat, nicht eine lehrreiche Nebenbetrachtung zu dem wichtigsten physikalischen Gesetze? Sp.

Wilh. Kopske, Die photographische Retouche in ihrem ganzen Umfange. I. Theil: Praktische Anleitung zum Retouchiren. II. Theil: Die zur künstlerischen Retouche nöthigen Wissenschaften. — Berlin 1890—91. Verlag von Robert Oppenheim (Gustav Schmidt).

Der erste Theil behandelt auf 80 Seiten 8^{0} zunächst die verschiedenen Erfordernisse einer künstlerischen Retouche, giebt sodann eine genügend ausführliche Anweisung, sowohl für die Negativretouche als für das Ueberarbeiten der Kopieen, die je nach der besonderen Beschaffenheit des verwendeten Materials eine verschiedenartige Behandlung beanspruchen, und schliefst mit einem Abschnitt, in welchem das künstlerische Uebermalen von Photographien als ein Zweig der Arbeit des Retoucheurs dargestellt ist. Der Verfasser bietet eine Reihe von praktischen Winken, durch deren Befolgung dem künstlerischen Eindruck des photographischen Bildes wesentlich nachgeholfen werden kann, unterläfst es dabei aber nicht, wiederholt zu betonen, dafs auch die Retouche eine Kunst ist, dafs mit anderen Worten die künstlerische Auffassung des Retoucheurs wohl ausgebildet, aber nicht erlernt werden kann.

Weniger befriedigen wird der zweite Theil, welcher die Perspektive,

Digitized by Google

die Schattenlehre und endlich die Anatomie des menschlichen Körpers auf etwa 170 Seiten abzuhandeln sucht. Manchem werden die Darlegungen des Verfassers zu lehrhaft erscheinen, namentlich in der letzten Hälfte, wo man vergeblich eine Bezugnahme oder einen Hinweis auf die Erfordernisse der praktischen Retouche suchen wird, da in Wirklichkeit nur eine schematisirende Aufzählung der verschiedenen Theile des menschlichen Körpers gegeben ist, für welche mindestens die Beifügung der lateinischen Bezeichnungen entbehrlich sein dürfte. Auch der Form der Darstellung können wir nicht in jeder Beziehung unseren Beifall zollen; sie hat zweifellos manchmal auf Kosten der an sich erstrebenswerthen Kürze gelitten. Vor allem aber steht zu befürchten, dafs der Amateurphotograph, welcher sich über die schwierige Arbeit des Retoucheurs zu belehren sucht, kaum den inneren Zusammenhang zwischen den beiden Theilen des Werkes herausfinden wird. Aus diesem Grunde erscheint es uns kaum berechtigt, den zweiten Theil als eine Ergänzung zum ersten zu bezeichnen, wohingegen er als selbständiges Ganzes wohl bestehen könnte. G. W.

Hoernes, M., Die Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft. Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben's Verlag 1892. Preis geh. 10 M.

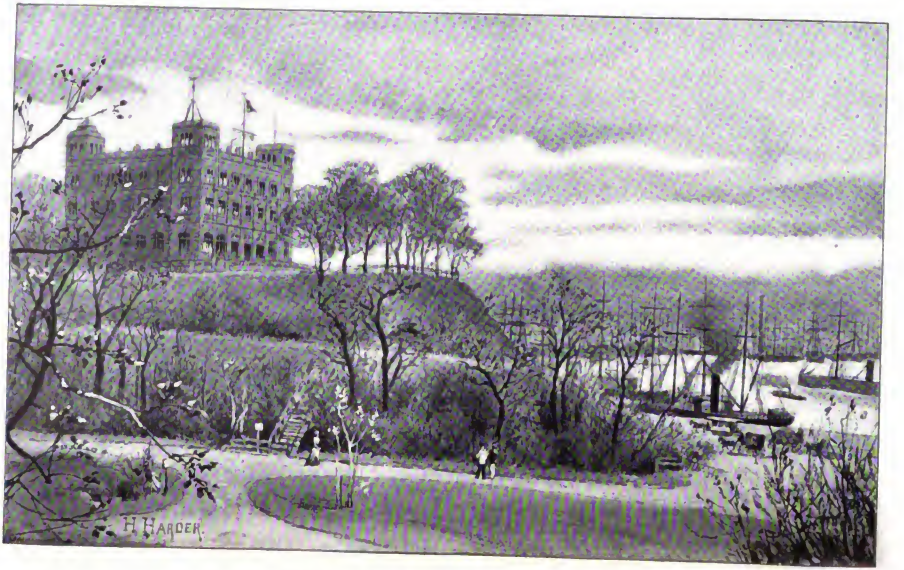
Wie so manche Wissenschaft in den letzten Dezennien einen neuen, belebenden Impuls erhalten hat, so auch die Lehre vom Menschen, die eine unerwartete Fülle von Material und Ergebnissen gerade in den letzten Jahren zeitigte. Recht deutlich tritt dies bei der Urgeschichte des Menschen zu Tage: überall entstanden Museen für Alterthumskunde, und Vereine oder Gesellschaften bildeten sich, um neues Material herbeizuschaffen oder früher gefundenes zu verarbeiten. Hierbei macht sich aber dasBedürfnifs nach einem für gebildete Laien bestimmten Handbuch geltend, denn das einzige Buch dieser Art, im Jahre 1880 von Friedrich von Hellwald herausgegeben, wurde diesem Wunsche nur in beschränktem Mafse gerecht. Man kann daher das Erscheinen des oben angezeigten Buches nur mit Genugthuung begrüfsen. Es umfafst einen Zeitraum von der „Urquelle der menschlichen Kultur" bis in die Zeit der Völkerwanderung, schliefst aber im allgemeinen bei jedem Lande da, wo die historische Zeit, wenn man so sagen darf, beginnt. Wie es ja bei einem österreichischen Verfasser, dem noch dazu die Schätze des Wiener Museums zugänglich waren, naheliegt, werden Zentral-Europa und besonders die Alpenländer sehr ausführlich behandelt, aber auch der übrige Theil Europas kommt durchaus zu seinem Rechte. Dagegen ist die Nichtberücksichtigung oder das doch nur gelegentliche Heranziehen aufsereuropäischer, prähistorischer Kulturstätten ein Mangel, den Referent gern vermieden gesehen hätte. So fehlen die Ergebnisse der Reisen von Charnay in Mittelamerika, durch welche die geheimnifsvollen Städte in Mexiko und Yukatan näher bekannt wurden, ferner Berichte über die riesigen Erdbauten der Indianer im Gebiete des Mississippi, endlich die Erwähnung der ostasiatischen Kultur. Allerdings mufs dem Verfasser zugegeben werden, dafs diese Gebiete noch nicht genügend durchforscht sind, um ein fertiges Bild hiervon geben zu können, auch läfst sich über den Umfang der Prähistorie streiten.

Immerhin ist das reich illustrirte Buch allen Interessenten durchaus zu empfehlen; sie werden darin eine Fülle der Belehrung und Anregung finden, sodafs vielleicht durch die vom vorliegenden Werke empfangene Hinweisung manche hochwichtigen Funde der Vergessenheit oder Zerstörung entrissen werden könnten. C. Kafsner.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Digitized by Google



Die Deutsche Seewarte in Hamburg.

Digitized by Google

Himmel und Erde

Mafs und Messen.

Eine historische Studie von Prof. P. Volkmann
in Königsberg i./Pr.

Ein berühmter englischer Forscher — Maxwell — hat einmal[1]) gesagt, dass das Symbol des ganzen Systems des civilisirten Lebens passend durch einen Mafstab, eine Reihe von Gewichten und eine Uhr dargestellt werden könnte. Wenn dieser Ausspruch auch nicht frei von Einseitigkeiten ist, so trifft er doch in gewissem Sinne zu. Bei den wilden, unkultivirten Völkerstämmen finden wir keine Mafse, und wieder, wo wir in der Geschichte der Völker die Anfänge einer Kultur zu verzeichnen haben, finden wir gleichzeitig Angaben über räumliche und zeitliche Entfernungen, über Gewichte, über Raum- und Flächen-Mafse.

Versetzen wir uns zunächst auf den Standpunkt der Naturvölker: Die Wiederkehr von Tag und Nacht, der Wechsel der Jahreszeiten drängen sich dem Menschen als Zeitmafs in so einschneidender Weise auf, dafs wir es als ganz selbstverständlich finden müssen, dafs die Zeitbestimmungen aller Völker daran anknüpfen.

Andere Mafse für Längen, Flächen, Räume und Gewichte werden dem unmittelbaren Bedürfnifs und der unmittelbaren Anschauung entsprungen sein. Wie so häufig, so giebt auch hier die Sprache selbst einigen Aufschlufs und Stütze für naheliegende Vermuthungen.

Gröfsere Entfernungen wurden nach Tagereisen, kleinere nach der Länge der Glieder eines erwachsenen Menschen gemessen. Tagereisen hatten als Mafs den Vorzug der Anschaulichkeit; Schritt, Fufs, Elle den Vorzug, dafs sie überall, wo Längen gemessen wurden, zur Verfügung standen, nämlich in der Person des Messenden.

[1]) Maxwell, Theorie der Wärme, deutsche Ausgabe von F. Neesen. Braunschweig 1878, S. 86.

Digitized by Google

Für Flächen gab ein Areal, welches ein Gespann Ochsen an einem Tage umpflügt, ein bequemes Feldmafs.[2]) Als Raummafs wurde ein Flüssigkeitsquantum genommen, welches zwei Ochsen auf einem Wagen zu ziehen vermochten — von der verschiedenen Schwere der Flüssigkeiten konnte in jenen glücklichen Zeiten abgesehen werden!

Auch neben einander gelegte Feldfrüchte und Getreidekörner wurden nachweislich Längenmessungen zu Grunde gelegt, und ebenso als Gewichtsmafs das Gewicht einer bestimmten Anzahl Getreidekörner.

Der nächste Schritt der Entwicklung des Mafsbegriffes bestand naturgemäfs in der wirklichen, materiellen Herstellung von Mafsen; wir finden ihn bei den alten Kulturvölkern ausgeführt.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, die verschiedenen Mafseinheiten aufzuzählen, welche sich bei den Völkern des Alterthums finden, ich will auch nicht versuchen, dieselben in unseren heutigen Mafsen auszudrücken, wozu wir in Inschriften und Angaben der Schriftsteller in Verbindung mit den auf uns gekommenen Münzen, Bauten und Denkmälern die Mittel haben — ich denke z. B. an die Pyramiden Aegyptens.

Den bestimmenden Einflufs auf die Mafse des Alterthums müssen wir nach allem, was darüber vorliegt, den alten Babyloniern zuschreiben. Wir verdanken die gründlichsten diesbezüglichen Untersuchungen dem Alterthumsforscher A. Böckh.[3]) Man hat lange nach einem gemeinsamen Bande zwischen der grofsen Mannigfaltigkeit der Mafse des Alterthums gesucht, und ist dabei zu keinen allgemeinen Resultaten gekommen, weil man immer von den Längenmafsen als Grundmafs ausging. Böckh hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dafs sämtliche Längenmafse des Alterthums sich unter einem überraschend einfachen Gesichtspunkt ordnen, wenn man von einem gegebenen Cubus Wasser als Gewichtseinheit ausgeht. Die verschiedenen Längenmaafse des Alterthums lassen sich im grofsen und ganzen als die Kantenlängen von Würfeln darstellen, deren Rauminhalt in einem ganz einfachen Zahlenverhältnifs zu jenem Einheits-Cubus stand. Das Nebeneinanderbestehen des Duodezimal- und Dezimal-Zahlensystems gab ein verschiedenes Eintheilungsprincip und somit Veranlassung zu einem gröfseren und kleineren Mafs, wie es sich bei den verschiedenen Völkern des Alterthums findet.

[2]) Das altrömische „Jugerum".

[3]) A. Böckh. Metrologische Untersuchungen über Gewichte, Münzfufse und Mafse des Alterthums in ihrem Zusammenhange. Berlin 1838.

Digitized by Google

Fragt man nach dem Grunde, wie es gekommen sein möchte, dafs gerade ein Cubus Wasser den Ausgangspunkt für die Längenmafse und Gewichte bildete, so mag darauf hingewiesen werden, dafs bei den Babyloniern und Aegyptern Mafs und Gewicht von der sternkundigen Priesterschaft geregelt wurde. Zu den astronomischen Beobachtungen waren einigermafsen genaue Zeitmessungen erforderlich, und diese wurden nach uralter Methode durch den Ausflufs von Wasser aus Gefäfsen gemacht. Die aufgefangenen Wassermengen wurden aber nicht allein durch Längenmessungen der Höhe, bis zu der das Gefäfs gefüllt war, sondern auch durch Wägungen verglichen, und damit sind dann die Gesichtspunkte gegeben, welche für das alte Mafssystem bestimmend gewesen zu sein scheinen. Es sind dieselben Gesichtspunkte, welche wir bei unserem heutigen metrischen System wiederfinden.

Ein ausgebildetes Mafssystem hatte für Aegypten eine besondere Bedeutung, wo die Abmessung des Landes den Wohlstand mitbedingte. Die alljährlich wiederkehrenden Ueberschwemmungen des Nil machten alle Felder und Marken unkenntlich, und es mufsten jährlich die Felder neu abgemessen werden. Darin mag die Pflege der Geometrie für Aegypten ihren Ursprung gehabt haben, hat man doch Aegypten die Wiege der Geometrie genannt. Und doch dürfen wir uns keine übertriebenen Vorstellungen von der Genauigkeit der Längen- und Gewichtsmafse bei den alten Aegyptern bilden, schon damals galt, was heute noch gilt:

Die mathematischen Spekulationen können zu bedeutenden Resultaten führen, ohne dafs damit die physikalischen Kenntnisse und technischen Fertigkeiten fortzuschreiten brauchen. Der Mathematiker, auch wenn sein Ausgangspunkt ein der Wirklichkeit, der Natur entnommenes Problem ist, entsagt so leicht, nachdem er einmal den Stolz unabhängiger und von jeder objektiven Wirklichkeit freien Spekulation gekostet hat, dieser Wirklichkeit und fühlt auch nicht das Bedürfnifs, im weiteren Verlauf darauf zurückzukommen. Die wissenschaftliche Berechtigung dieses Standpunktes soll damit natürlich nicht bestritten werden.

Dieselbe Bemerkung wie bei den Aegyptern, können wir in noch viel höherem Grade bei den alten Griechen machen. Das hohe Ansehen, in dem die Pflege der Mathematik, insbesondere der Geometrie, bei den Griechen stand — ich erinnere an die Inschrift[4]) beim Eintritt

[4]) Der Spruch οὐδεὶς ἀγεωμέτρητος εἰσίτω wird gewöhnlich als pythagoräisch bezeichnet.

Digitized by Google

in Platos Akademie: „Kein der Geometrie Unkundiger gehe hinein“ — tritt in einen ziemlich scharfen Gegensatz zu der Geringschätzung, mit der die Beschäftigung mit Mafs und Messen behandelt zu werden pflegte; war es doch selbst Socrates, welcher der Astronomie nur eine Bedeutung für Nachtwächter und Seefahrer abgewinnen konnte.[5])

Mit dem Verfall des klassischen Alterthums ging Hand in Hand der Verfall des Mafssystems der alten Kulturvölker. Die Herkunft und Ableitung der verschiedenen Mafse wurde vergessen, das römische Mafs mit grösserer oder geringerer Abweichung übernommen. Normalmafse wurden vielleicht von den Behörden einer Stadt aufbewahrt, aber es lag bei dem Mangel und der Schwierigkeit der Verkehrsverhältnisse kein Bedürfnifs vor, die Mafse verschiedener Städte in Uebereinstimmung zu erhalten; es führte auch keine Unbequemlichkeiten mit sich, für eine Stadt oder für einen Landstrich die Mafse zu ändern. Wissenschaftliche Fragen, welche genaue Mafse zur Voraussetzung haben, existirten nicht.

Als nun die Verkehrsverhältnisse sich zu bessern anfingen, und der Handel zunahm, zeigten sich die Unzuträglichkeiten, welche in einer Verschiedenheit und Ungenauigkeit der Mafse lagen; wir brauchen dabei noch gar nicht einmal an die verschiedenen Länder und Staaten zu denken. Schon der Verkehr zwischen benachbarten Städten und Landstrichen förderte diese Unzuträglichkeiten zu Tage.

So kam es, dafs während des Mittelalters wiederholt das Bedürfnifs und der Wunsch nach Einigung der Mafse wenigstens innerhalb eines einzelnen Landes auftrat, und dafs man, um diese Einigung annehmbar zu machen, immer an Objekte anzuknüpfen suchte, welche der jedem zugänglichen Natur, der Wirklichkeit entnommen waren. Die anorganische Welt stand dem damaligen Gedankenkreis zu fern, so stellte man sich wieder auf den Standpunkt der Naturvölker und knüpfte an die organische Welt an; nur dass man gleichzeitig auch an die materielle Herstellung ging, die dann dem Objekt entsprechend recht verschieden und ungenau ausfiel.

Die verschiedensten Festsetzungen und Bestimmungen suchten theilweise über die Verschiedenheiten und Ungenauigkeiten der Mafse hinwegzuhelfen. Hatte man früher in England das Mafs der Elle auf die Länge des Armes eines erwachsenen Menschen gegründet, so bestimmte Heinrich I. von England 1101, dafs sie die Länge seines Armes bis zur Spitze des Mittelfingers haben solle. In der Mitte des

[5]) Xenophon. Memorabilien IV. 7.

Digitized by Google

dreizehnten Jahrhunderts wurde dann weiter in England die auf dem Gewicht einer Anzahl Weizenkörner begründete Gewichtseinheit dahin näher präzisirt, dafs dieselben aus der Mitte der Aehre genommen und wohlgetrocknet sein sollten.

In Deutschland wurde im sechzehnten Jahrhundert, um den verschiedenen Mafsen, welche auf die Gröfse des menschlichen Fufses basirt waren, ein Ende zu machen, vorgeschlagen:[6]) „Man solle sechzehn Mann klein und grofs, wie sie ungefähr nacheinander aus der Kirche gehen, einen jeden vor den anderen einen Schuh stellen lassen, dieselbige Länge werde und solle sein ein gerecht gemein Mefsruth, damit man das Feld mifst."

Selbst noch im achtzehnten Jahrhundert finden sich Vorschläge für Naturmafse aus der organischen Welt. Die Entfernung der Pupillen Erwachsener und die Gröfse der Bienenzellen wurden ernstlich in Vorschlag gebracht unter der Voraussetzung, dafs es unveränderliche Gröfsen wären.

Die Ursache, warum man, wo man an Naturmafse dachte, immer an die organische Welt anknüpfte, die doch nur verhältnifsmäfsig ungenaue Messungen zuläfst, und nicht an die anorganische Welt, lag in der späten Entwickelung der Physik, der Wissenschaft von den allgemeinen Sätzen der anorganischen Welt.

Das Alterthum hatte sich nur mit den Gleichgewichtszuständen erfolgreich beschäftigt, alle Bewegungserscheinungen wurden organisch d. h. rein menschlich aufgefafst. Warum hört der Stein auf zu fliegen, fragt Plato, und er antwortet darauf, weil er müde wird. Durch diese und ähnliche Auffassungen war allen Bewegungserscheinungen das Fundament einer kausalen Erforschung entzogen, und doch mufste jede wissenschaftliche Physik gerade an die Bewegungszustände anknüpfen.

Aristoteles spricht zwar von dem Fall der Körper, aber statt sich durch den einfachen Versuch davon zu überzeugen, dass alle Körper gleich schnell zur Erde fallen, behauptet er, dass die Körper durch den gleichen Raum mit einer dem Verhältnifs ihrer Gröfse entsprechenden grösseren oder geringeren Geschwindigkeit fallen.[7]) Das

---

[6]) Man sehe den Artikel über Mafs in Gehlers physikalischem Wörterbuch. Bd. VI. 2. Abth. Leipzig 1836. S. 1255. Dieser Artikel sowie der betreffende über Mafs und Messen in Karstens Encyklopädie der Physik, Leipzig 1869, ist von mir vielfach benutzt.

[7]) Aristoteles. Physik IIc. 8.

Digitized by Google

Mittelalter stand noch vollständig unter dem Banne dieser Vorstellungen des Alterthums, erst Galilei unterwarf Ende des sechzehnten Jahrhunderts die Bewegungszustände einer wissenschaftlichen Behandlung und wurde dadurch der wahre Begründer der Physik.

Das siebenzehnte Jahrhundert brachte den ersten Vorschlag eines den allgemeinen Naturgesetzen entnommenen Naturmafses. Es war Huygens, der berühmte holländische Physiker, der Begründer der Anschauungen, welche wir noch heute von dem Wesen des Lichtes haben, welcher im Anschluss an seine Forschungen über das Pendel vorschlug, die Länge des einfachen Sekundenpendels zur Mafseinheit zu wählen.

Man versteht unter einem einfachen Sekundenpendel ein Pendel, welches zu einer Schwingung eine Sekunde Zeit braucht, und welches aus einem Faden besteht, der durch eine kleine Masse unter Wirkung der Schwere gespannt ist; von dem Gewicht des Fadens ist dabei ebenso wie von der Ausdehnung der angehängten Masse abzusehen. Die Länge eines solchen Pendels ist eine der Beobachtung, wenn auch nicht direkt, so doch indirekt zugängliche Gröfse, welche mit einer verhältnifsmäfsig grofsen Genauigkeit angegeben werden kann.

Zwar setzte Huygens bei seinem Vorschlag die Unabhängigkeit der Länge des einfachen Sekundenpendels von dem Beobachtungsort auf der Erdoberfläche voraus, oder was auf dasselbe hinauskam, eine für die ganze Erdoberfläche konstante Schwerkraft. Sehr bald ergab sich nun eine Abhängigkeit im allgemeinen von der geographischen Breite, im einzelnen auch von den Orten desselben Breitengrades; indefs konnte diese Verschiedenheit dem Vorschlag von Huygens keinen Abbruch thun, man konnte eben die Längeneinheit definiren durch die Länge des einfachen Sekundenpendels für einen bestimmten Erdort.

Dieser Vorschlag von Huygens ist denn auch am Ende des vorigen Jahrhunderts ernstlich in Erwägung gezogen, als es sich zu Zeiten der französischen Revolution um die materielle Herstellung eines konsequent durchgeführten, der Natur entnommenen Mafssystems handelte. Der Vorschlag hatte den Vorzug, dafs danach wirklich leicht und genau zu jeder Zeit ein Längenmafs hergestellt werden konnte; aber er drang nicht durch, weil man dagegen anführte, dass dabei auf die Einheit des Zeitmafses, die Sekunde zurückgegangen würde, die Sekunde aber als ein, wenn auch erst im Laufe der Jahrtausende, veränderliches Mafs anzusehen wäre.

Man hoffte ein für alle Zeiten unveränderliches Längenmafs

Digitized by Google

schaffen zu können, und darum sollte die Einheit des Längenmafses in Beziehung zu den Dimensionen der Erde gesetzt werden. Durch eine genaue Gradmessung zwischen Formentera und Dünkirchen sollte die Länge des Erdquadranten abgeleitet und der zehnmillionste Theil dieser Länge als Längeneinheit, als Meter proklamirt werden.

Stillschweigende Voraussetzung dabei war, dafs die Erde eine Rotationsfigur wäre, für welche also alle Quadranten dieselbe Länge hätten. Weitere Gradmessungen, welche sehr bald nach der französischen Gradmessung ausgeführt wurden, haben die Unrichtigkeit dieser Voraussetzung ergeben. Nach Bessel ist die Länge des Erdquadranten im Mittel nicht zehn Millionen Meter, sondern noch 565 Meter mehr. Die Definition der festgesetzten Einheit wäre also auf den Quadranten zu beschränken gewesen, der durch Formentera und Dünkirchen geht.

Wägt man heute die Vortheile der Ableitung der Längeneinheit aus der Länge des Sekundenpendels und aus der Grösse des Erdquadranten gegeneinander ab, so kann wohl kein Zweifel bestehen, dafs der Vorschlag von Huygens den Vorzug verdient. Die Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels ist eine so ungleich einfachere, durch einen Beobachter auszuführende Operation, dafs sie in gar keinem Verhältnifs steht zu den Schwierigkeiten einer Gradmessung, welche eine gröfsere Anzahl von Mitarbeitern erfordert. Entsprechend ist die Länge des einfachen Sekundenpendels einer genaueren Bestimmung fähig, als die aus der Gröfse des Erdquadranten abgeleitete Länge des Meters. Der damalige offizielle Hinweis, dafs es dem Besitzer eines Gutes ein Vergnügen sein würde, schnell und leicht sich auszurechnen, welcher Bruchtheil der Erdoberfläche ihm gehöre,[8]) kann wohl überhaupt nicht ernstlich in Erwägung gezogen werden.

Die bisher für die Begründung eines Mafssystems erwähnten und der anorganischen Welt entnommenen Mafse haben das Gemeinsame, dafs sie sämtlich auf terrestrische Verhältnisse zurückgehen; damit wirft sich von selbst die Frage auf, ob uns diese terrestrischen Verhältnisse irgend eine Garantie für ihre Unveränderlichkeit bieten. Die Forderung unveränderlicher Mafseinheiten ist eine in erster Linie wissenschaftliche, damit Hand in Hand geht die Entscheidung, welche Stellung wir den vorgeschlagenen Naturmafsen gegenüber zu nehmen haben.

Die Unveränderlichkeit der Sekunde mittlerer Sonnenzeit knüpft

[8]) Vergl. Dove. Ueber Mafs und Mefsen. Berlin 1834. S. 7.

Digitized by Google

an die Unveränderlichkeit der Rotation der Erde um ihre eigene Axe und um die Sonne. Gegen die erste sind wir eher in der Lage Gründe anzuführen, als gegen die zweite.

Wir haben mit zwei Momenten zu thun, welche die Rotationsgeschwindigkeit der Erde um ihre Axe ändern. Wir haben einmal die säkulare Abkühlung der Erde, infolge deren eine Verkleinerung, ein Zusammenschrumpfen der Erde stattfinden mufs. Nach den Grundsätzen der Mechanik ist damit eine Beschleunigung der Rotation untrennbar verbunden. Wir haben auf der anderen Seite die Reibung der rotirenden Erde gegen die Fluthwellen, welche wir uns als beständig dem Monde und der Sonne zugekehrt und abgewandt zu denken haben. In dieser Reibung liegt ein verzögerndes Moment für die Rotationsgeschwindigkeit der Erde.

Es ist unzweifelhaft, dafs in früheren Phasen der Entwicklung der Erde das beschleunigende Moment überwog, und dafs wir uns gegenwärtig am Ende eines Zeitabschnittes befinden, in welchem dem beschleunigenden Moment durch das verzögernde das Gleichgewicht gehalten wird. In der dritten und letzten Epoche der Entwicklung der Erde wird das verzögernde Moment überwiegen. Wir gehen darin einem Zustand entgegen, in dem wir schon gegenwärtig den Mond sich befinden sehen, der uns immer dieselbe Seite zukehrt, dessen Umlauf um die Erde also zusammenfällt mit der Umdrehung um seine Axe.

Wenn wir noch einen Augenblick der Umlaufzeit der Erde um die Sonne gedenken, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dafs durch Meteore, welche auf die Sonne stürzen, die Masse der Sonne vermehrt wird, wodurch eine Verkürzung der Umlaufszeit der Erde um die Sonne bedingt sein würde.

Das Resultat von Untersuchungen, die durch solche und ähnliche Fragen angeregt sind, ist dahin auszusprechen: Die Sekunde, wie sie uns der Astronom aus der Umdrehung der Erde um ihre Axe und um die Sonne berechnet und überliefert, ist zwar während unseres Lebens und erheblich darüber hinaus eine hinreichend unveränderliche Mafseinheit, aber für ein absolut konstantes Mafs dürfen wir sie trotzdem nicht halten.

Nicht anders steht es mit den Längenmafsen, welche an den Vorschlag von Huygens und die bezüglichen Mafsnahmen der französischen Revolution anknüpfen. Erwägen wir, dafs infolge der säkularen Abkühlung die Erde zusammenschrumpft, so haben wir keine Garantie, weder für die Unveränderlichkeit der Schwerkraft an

Digitized by Google

irgend einem Ort der Erdoberfläche, noch für die Unveränderlichkeit der Dimensionen der Erde, also z. B. des Quadranten, der durch Frankreich geht.

Wollen wir ein für alle Zeit unveränderliches und konstantes Mafs der anorganischen Welt entnehmen, dann dürfen wir nicht an terrestrische Verhältnisse anknüpfen, wir müssen auf allgemein physikalische Verhältnisse oder auf Naturgesetze zurückgehen, zu denen wir dadurch, dafs sie eine grofse Klasse von Erscheinungen umfassen, das Zutrauen unbeschränkter Gültigkeit haben.

Eine Fülle von optischen Erscheinungen drängt uns dazu, das Licht als eine Wellenbewegung im Aether aufzufassen. Die Analogie der Farben mit den Tönen pflegt in populären Aufsätzen häufig ausgeführt zu werden; es wird genügen hier darauf hinzuweisen.

Die Schwingungsdauer bedingt die Farbe des Lichtes und ist eine wenn auch nicht direkt, so doch indirekt wohl mefsbare Gröfse; sie zählt nach Billionen Theilen einer Sekunde. Alle Gründe sprechen dafür in dieser Schwingungsdauer irgend eines homogenen Farbenlichtes eine für alle Zeiten und alle Orte vollkommen unveränderliche Grösse zu sehen. So hätten wir z. B. in der Schwingungsdauer des Natriumlichtes ein unveränderliches Zeitmafs; da dasselbe für die meisten Verhältnisse zu klein wäre, könnte ein beliebig Vielfaches dieser Gröfse als Einheit zu Grunde gelegt werden.

Dieses Mafs wäre nicht etwa abhängig von unseren Vorstellungen über das Wesen des Lichtes, von denen wir ausgingen, es würde seine Bedeutung behalten, selbst wenn diese Vorstellungen aufgegeben werden müfsten; denn die Messungen, durch welche das Mafs gewonnen worden, können unmöglich durch Vorstellungen eine Aenderung erfahren.

Ebenso unabhängig von jeder Vorstellung ist die Gröfse, welche wir als Geschwindigkeit des Lichtes bezeichnen. Wir müssen dieselbe im Vakuum, also im reinen Aether, als eine konstante Gröfse ansehen, und sie würde uns in Verbindung mit der Schwingungsdauer des Natriumlichtes ein Mittel geben, für Längen eine Mafseinheit zu gewinnen. Dafs die Geschwindigkeit des Lichtes einen sehr hohen Werth hat — 42 000 Meilen in der Sekunde — ist dabei gleichgültig.

Andere Mittel zur Aufstellung unveränderlicher Mafseinheiten bieten uns die Naturgesetze. Von allen Naturgesetzen haben wir wohl das gröfste Zutrauen zu dem Newtonschen; es ist das Gesetz,

Digitized by Google

welches dem Astronomen den Lauf der Planeten und Trabanten im voraus zu berechnen gestattet, das Gesetz, welches Leverrier gestattete, den Ort eines bis dahin noch nicht wahrgenommenen Planeten zu berechnen — des Neptun.

Die Rechnung lehrt, dafs die Umlaufszeit eines Trabanten, der reibungslos an der Oberfläche eine allenthalben gleich dichte Wasserkugel unter Einwirkung der Newtonschen Gravitation umkreist, unabhängig von der Gröfse der Kugel in circa $3^1/_3$ Stunden vor sich gehen würde. Diese für alle Zeiten unveränderliche Umlaufszeit wäre geeignet uns ein Zeitmafs zu liefern.

Gingen wir weiter von irgend einem Längenmafs aus, dann könnte uns das Newtonsche Gesetz eine Massen- oder Gewichts-Einheit liefern, welche als unveränderlich und stets realisirbar anzusehen sein würde. Wir könnten eine Masseneinheit als diejenige festsetzen, welche in der Einheit der Entfernung eine gleich grofse Masse infolge der Gravitation in der Einheit der Zeit um irgend einen Bruchtheil nähern oder ihr die Einheit der Geschwindigkeit ertheilen würde.

Um eine Anschauung davon zu geben, mit was für Gröfsenverhältnissen wir es hier zu thun haben, theile ich mit, dafs nach dem Newtonschen Gesetz sich zwei Ein-Kilogramm-Stücke bei ein Meter Entfernung um einen Millimeter in 1 Stunde 5 Minuten nähern würden; oder dafs bei Zugrundelegung von Centimeter und Sekunde wir in dem Gewicht von circa 15 Millionen Gramm ein Gewicht hätten, welches einem gleich grofsen Gewicht in der Sekunde die Geschwindigkeitseinheit ertheilen würde — die Gewichte in Punkten konzentrirt gedacht.

Die vorliegenden Beispiele werden genügen zu zeigen, in welcher Weise wir in der Natur Mafse haben, welche wirklich den Stempel der Unveränderlichkeit in Zeit und Raum an sich tragen. Wenn wir aber daran weiter die Frage knüpfen, ob diese der Natur entnommenen Mafse der Genauigkeit entsprechen, welche wir brauchen, mit der wir messen können, müssen wir mit einem entschiedenen Nein antworten.

Es wird nicht überflüssig sein, an dieser Stelle einige Bemerkungen einzuschalten zu dem, was man unter Genauigkeit einer Messung versteht, beziehungsweise verstehen mufs. Der Laie staunt in der Regel ebenso die grofsen Zahlen an, zu denen astronomische Messungen führen, dafs die Entfernung der Sonne von der Erde 20 Millionen Meilen und des Mondes von der Erde 50 Tausend Meilen ist, wie er

Digitized by Google

die kleinen Zahlen, zu denen z. B. die Optik führt, für den Superlativ von Genauigkeit hält.

Der Laie läfst sich dabei leiten von den Messungen, die ihm das gewöhnliche Leben veranschaulicht. Angaben von Längen bis auf Millimeter oder von Zeiten bis auf Sekunden oder von Gewichten bis auf Theile eines Grammes haben in der Regel keinen praktischen Zweck mehr, und so ist man denn gar zu sehr geneigt, Angaben, die bis auf Millimeter, Sekunden oder Theile eines Grammes gehen, für genau zu halten. Hand in Hand damit pflegt die Vorstellung zu gehen, dafs grofse Werthe, wie die Entfernung der Sonne von der Erde bis auf Längen bekannt sein müfsten, wie sie durch terrestrische Verhältnisse gegeben sind; und das Vertrauen auf die Sicherheit astronomischer Messungen pflegt einen Stofs zu bekommen, wenn darauf hingewiesen wird, dafs die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde vielleicht um 200 Tausend Meilen zu grofs gerechnet sei.

Die Genauigkeit einer Messung bemisst sich nie nach der absoluten Gröfse des Werthes, sondern stets nach dem Verhältnifs der Genauigkeitsgrenze einer Messung zum Gesamtwerth der Messung. Wir müssen uns des Ausdrucks bedienen, eine Messung ist bis auf den so und sovielsten Theil des Gesamtwerthes richtig. Wenn wir in einem Laden drei Meter Tuch kaufen, dann wird es uns nicht darauf ankommen, ob der Kaufmann uns einen Centimeter mehr oder weniger giebt; wir werden nur eine Genauigkeit von $^1/_{300}$ in der Messung verlangen; das ist ein anderer Ausdruck für dieselbe Sache. Ganz ebenso haben wir die Genauigkeit von Angaben zu beurtheilen, die uns auf fremden Gebieten entgegentreten.

In keiner Wissenschaft, die sich mit einer äufseren Wirklichkeit entnommenen Objekten abgiebt — ich schliefse damit die reine Mathematik aus — ist das Streben nach genauen Angaben so weit ausgebildet, wie in der Physik und Astronomie. Ist es richtig, dafs die Entfernung der Sonne von der Erde um 200 Tausend Meilen zweifelhaft ist, dann ist die Genauigkeit der Kenntnifs dieser Entfernung $^1/_{100}$. Wir werden analog die Genauigkeit, mit der uns bis jetzt die Lichtgeschwindigkeit bekannt ist, $^1/_{500}$ setzen, von gleicher Ordnung die Genauigkeit, mit der uns die Schwingungsdauer des Natriumlichtes bekannt ist.

Der Fernstehende wird erstaunt sein, wenn er von der verhältnifsmäfsig geringen Genauigkeit hört, welche für einige der Natur entnommenen Zahlenwerthe nur beansprucht werden darf, und wird die Frage aufwerfen, wie es kommt, dafs die Genauigkeit mit einem so

Digitized by Google

grofsen Aufwand von Zeit und Kraft erhaltener Werthe so sehr zurücksteht z. B. hinter einfachen Längenmessungen, wie wir solche mit einem Mafsstab ausführen.

Der Grund liegt, um mich kurz auszudrücken, darin, dafs wir in dem einen Fall unter sehr günstigen, im andern Fall unter sehr ungünstigen Bedingungen eine Messung ausführen. Man wird zwischen direkten und indirekten Messungen unterscheiden können. Es liegt auf der Hand, dafs direkte Messungen in der Regel einer viel gröfseren Genauigkeit zugänglich sind, wo wir z. B. Längen durch direktes Heranhalten eines Mafsstabes messen, als indirekte, wo wir z. B. bei der Entfernung der Sonne von der Erde auf das direkte Anlegen eines Mafsstabes verzichten müssen und auf die Messung kleiner Winkel angewiesen sind, wo jeder Fehler in Bruchtheilen einer Bogensekunde bereits einen Unterschied von Tausenden von Meilen bedingt.

Mit solchen indirekten Messungen haben wir es aber in allen Fällen der Natur zu thun, welche wir erwähnt haben, um daraus Mafse zu gewinnen, welche für alle Zeiten und Orte als unveränderlich zu betrachten sein sollen. Was hilft uns die Ueberzeugung von der unveränderlichen Entnahme von Mafsen aus der Natur, wenn wir diese Mafse nur in einem so ungenauen Grade herstellen können, dafs derselbe weit hinter der Genauigkeit zurücksteht, mit der direkte Messungen ausgeführt werden können. Der zu erhoffende Fortschritt der Wissenschaft wird diesem Uebelstande nicht abhelfen können, denn in demselben Grade, in dem eine genauere Darstellung von Naturmafsen sich als möglich erweisen wird, in demselben Grade wird auch die Genauigkeitsgrenze direkter Messungen erweitert sein.

Hierin liegt der Grund, weshalb man von einer praktischen Verwendung dieser Naturmafse stets abgesehen hat und noch weiter absehen wird. Mit einer gewissen Ironie schlägt Maxwell solche der Natur entnommenen Mafseinheiten denen vor,[9]) welche ihren Schriften eine gröfsere Lebensdauer zusprechen möchten als unserem Planeten.

Aber vielleicht genügen die den terrestrischen Verhältnissen entnommenen Mafse, wie sie dem metrischen System zu Grunde liegen, unseren Ansprüchen der Genauigkeit wenigstens für einige Jahrhunderte. Wenn die Sekunde schon seit Jahrtausenden als Zeitmafs allen Ansprüchen der Genauigkeit genügt hat, dann wird es vielleicht auch das Meter als der 10 Millionste Theil des Erdquadranten thun? Wir werden auch diese Frage mit Nein beantworten müssen.

[9]) Maxwell, Electricity and Magnetism. Vol. I. pag. 3. Oxford.

Digitized by Google

Es lässt sich weder das Meter aus Gradmessungen so genau ableiten, als wir Meter unter einander vergleichen können, noch läfst sich das Kilogramm als das Gewicht eines Liters Wasser bei 4° Celsius so genau herstellen, als Kilogramme unter einander verglichen werden können. Wir wissen heute z. B., dafs das Gewicht des ursprünglich nach der Definition hergestellten Kilogramms 17 Milligramm zu schwer ausgefallen ist. Dazu kommt, dafs die Genauigkeit, mit der Gewichte unter einander verglichen werden können, bei weitem die Genauigkeit übersteigt, mit der Längen unter einander verglichen werden können. Kilogramme können bei den heutigen Hülfsmitteln genauer als $^1/_{1\,000\,000}$ ihres Werthes verglichen werden.

Wollte man heute die Grundlage des metrischen Systems bis zu ihrer äufsersten Konsequenz beibehalten, so würde jeder Fortschritt der Mefskunst eine Aenderung der Etalons mit sich bringen, und wenn diese Aenderungen auch nicht sehr bedeutend sind, würden sie hinreichen, eine Verwirrung in wissenschaftlichen Mafsangaben hervorzurufen, die durch die Einführung des metrischen Systems vermieden werden sollte.

Man hat daher die frühere Grundlage des metrischen Systems aufgegeben. Unser Meter definiren wir heute nicht mehr als den zehnmillionsten Theil des Erdquadranten, es ist die Länge des in zahllosen Kopien vorhandenen und in Paris aufbewahrten Normal-Meterstabes. Ebensowenig definiren wir heute ein Kilogramm als das Gewicht von 1 Liter Wasser bei 4° Celsius, sondern als das Gewicht des in zahllosen Kopien vorhandenen und in Paris aufbewahrten Normal-Kilogrammes. Damit sind selbstverständlich die näherungsweisen Beziehungen des Meters zu den Dimensionen der Erde und des Kilogramms zu dem Gewicht eines Liters Wasser nicht aufgegeben.

Es mag mancher sich eines Gefühls der Verwunderung nicht erwehren können, dafs das anfänglich so gepriesene Metersystem zu diesen Konsequenzen geführt hat, und man könnte die Frage aufwerfen, warum wir in Deutschland trotzdem das Metersystem eingeführt, und dies, nachdem Bessel das altpreufsische Mafssystem in einer Weise reorganisirt hatte, welche an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig liess. Es hat denn auch nicht an Männern gefehlt, welche sich gegen das metrische System ausgesprochen haben, und unter diesen zählte als der ersten einer Bessel.[10])

[10]) F. W. Bessel. Ueber Mafs und Gewicht im allgemeinen und das Preufsische Längenmafs im besondern. Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände, herausgeg. von Schumacher. Hamburg 1848. S. 269.

Digitized by Google

Erst seit der Einigung der deutschen Staaten 1866 datirt die Stimmung für das metrische System in Deutschland, welche dann bald nach dem französischen Kriege zur Einführung desselben geführt hat. Mafsgebend war das Streben nach Einigung der Längen und Gewichtsmafse, von denen es fast so viele gab, als deutsche Staaten existirten. Mafsgebend war ferner das Streben, die Eintheilung der Mafseinheiten in direkte Beziehung zu dem herrschenden Dezimalsystem zu setzen. Nicht zu unterschätzen ist auch der für die Einführung des metrischen Systems günstige Umstand, dass gerade Frankreich in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts sich einer Blüthe der physikalischen Forschung erfreute, welche sich stets des metrischen Systems bediente, und dafs der näherungsweise einfache Zusammenhang der Gewichte und Längenmaafse des metrischen Systems manch unnützes Rechnen und Kopfzerbrechen spart.

So hat man denn auch in diesen Vorzügen eine Gewähr erblicken zu können gemeint, dafs mit der Zeit weitere Nationen, vor allem England und Amerika sich diesem System anschliefsen würden. Bis auf den heutigen Tag ist diese Hoffnung allerdings nicht erfüllt, wenn auch Autoritäten wie Sir W. Thomson sich wiederholt über die Unzweckmäfsigkeit des britischen Mafssystems ausgesprochen haben.[11])

Werfen wir einen Rückblick auf die Entwicklung des Mafs- und Messwesens, so haben wir zugleich damit ein Stück Kulturgeschichte entrollt. Unübersehbar sind die Mafse, welche bisher dem Handel und Verkehr sowie der Wissenschaft gedient haben; Willkür und Laune der Menschen schuf sie, ebenso wie Willkür und Laune oder nennen wir es Gewohnheit, die Temperatur nach Reaumur, Celsius und Fahrenheit rechnet.

Es schien das Bestreben ganz berechtigt, der Natur Mafse zu entnehmen, um der Willkür vorzubeugen, Mafse, welche uns die äufsere Wirklichkeit womöglich in derselben Weise aufdrängt, wie ja thatsächlich die Tages- und Jahreseintheilung uns aufgedrängt ist. Aber eine nähere Untersuchung führte uns, wie in so vielen Dingen, zu einer alten Weisheit — hier war es die Weisheit der Sophisten, dafs der Mensch das Mafs aller Dinge sei. Somit blieb nichts anderes übrig, als bei willkürlicher Festsetzung nach Einigung und einheitlichen Mafsen zu streben.

---

[11]) Man sehe Sir W. Thomson. Populäre Vorträge und Reden, deutsche Ausgabe Bd. I. Berlin 1891. S. 285. Anmerkung in dem Vortrag über die Wärme der Sonne.

Digitized by Google

Wie so häufig die Entwicklung der Dinge keinen direkten Verlauf nimmt, sondern grofse Umwege macht, so auch die Entwicklung des Mafswesens. Aber doch pflegen alle Umwege der menschlichen Wissenschaft zu gute zu kommen.

Der Entwicklung des Mafswesens parallel lief die Entwicklung des Genauigkeitsbegriffes. Ich habe Veranlassung genommen davor zu warnen, die Genauigkeit der Resultate der Wissenschaft zu überschätzen. Ich möchte hinzufügen, was damit zusammenhängt, dafs der Sinn für Genauigkeit in der heutigen Bildung noch wenig entwickelt ist, dafs man Zahlenangaben in der Regel scheinbar weit genauer aufgeführt findet, als es den thatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Diesem Mangel mag Vorschub geleistet werden durch die Art und Weise, wie das Zifferrechnen in den höheren Lehranstalten betrieben wird. Es mag heute anders sein, aber zu meiner Schulzeit wurde mit der Genauigkeit im Zifferrechnen auf Kosten von Zeit und Kraft ein übertriebenes Spiel getrieben, welches in keiner Beziehung zur äusseren Wirklichkeit stand.

Den der äufseren Wirklichkeit entsprechenden Zahlen-Begriff und den Begriff für Genauigkeit der Angaben eines Zahlenwerthes in Ziffern auszubilden, ist nicht die reine Mathematik berufen, die ja überhaupt mit Zifferrechnen so gut wie nichts zu thun hat, sondern insbesondere die in Physik und Astronomie angewandte Mathematik. Das Zifferrechnen mufs Hand in Hand gehen mit der Anschauung in der Wirklichkeit gegebener Verhältnisse und mit der Ausbildung eines der Wirklichkeit entsprechenden Genauigkeitsbegriffes.

Soweit die Angabe von Genauigkeitsgrenzen möglich ist, soweit dürfen die Naturwissenschaften die Bezeichnung exakt in Anspruch nehmen. Die Resultate einer exakten Wissenschaft lassen sich durch Angabe der Genauigkeitsgrenzen in eine Form bringen, die heute wie nach Jahrhunderten gelten wird. Sehen wir von dem Auftreten neuer Erscheinungsgebiete ab, so ist der weitere Fortschritt überhaupt in der Erweiterung der Genauigkeitsgrenzen zu suchen.

Man spricht so häufig den Naturwissenschaften einen tieferen Bildungswerth insbesondere für die Jugend ab, indem man darauf hinweist, dafs es den Naturwissenschaften z. B. völlig an ethischen Momenten gebricht, denen für die Erziehung zum Menschen doch eine sehr wesentliche Rolle eingeräumt werden mufs. Das in dem vorliegenden Aufsatz behandelte Thema giebt mir die Veranlassung,

Digitized by Google

darauf hinzuweisen, dafs z. B. die Begriffe des Mafses und der Genauigkeit eines sittlichen Inhalts durchaus nicht entbehren.

Ueberall im Leben bedürfen wir des Mafses, zumal in dem Verhältnifs zur Welt und zu unseren Mitmenschen. Täglich müssen wir in unserem vielgeschäftigen, bewegten Leben Stellung einnehmen zu Menschen und Dingen, die uns mehr oder weniger nahe stehen. Zum wahren Glück des Lebens gehört nicht zum mindesten das Mafs, was wir an unser eigenes Ich, unsere eigenen Fähigkeiten gegenüber anderen legen.

Die Geisteswissenschaften, welchen infolge Bevorzugung rein menschlicher Gesichtspunkte die Superiorität in Fragen der Bildung zugesprochen zu werden pflegt, entbehren leicht eines Mafsstabes; sie laufen Gefahr auf die „gemeine" Wirklichkeit verächtlich herabzusehen und die Beziehung zur Wirklichkeit zu verlieren. Die Naturwissenschaften haben den methodischen Vorzug durch die beständige Kontrolle, welche zwischen Denken und Sein besteht, einen Mafsstab nie aus den Augen verlieren zu können.

Es ist kein Zufall, sondern in dem Wesen der Sache begründet, dafs es unter den Naturwissenschaften eine Disciplin giebt, welche ganz besonders dazu berufen ist, die Begriffe des Mafses und der Genauigkeit auszubilden, und welche daher unter allen Wissenschaften eine besondere Stellung wohl beanspruchen darf, die Physik; ich würde den Hauptzweck meines Aufsatzes erreicht sehen, wenn es mir gelungen wäre, diese Thatsache weiteren Kreisen zum Bewufstsein gebracht zu haben.

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von **F. K. Ginzel**, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

II. Die Hypothesen über Ring- und Planetenbildung.

Nachdem wir in flüchtigen Zügen das Wesen der hauptsächlichsten Theorien der Weltentstehung angedeutet haben, können wir nunmehr näher auf die Konsequenzen der Kant-Laplaceschen Hypothese eingehen, nämlich zuerst auf die Frage, wie sich die Planeten unseres Sonnensystems gebildet haben.

Kant läfst die Planeten, wie wir gesehen haben, namentlich längs einer Hauptfläche entstehen, innerhalb welcher die Atome sich in Kreisen um die Sonne bewegen. Die dichtesten Planeten zogen sich aus dem Urstoff in der Nähe der Sonne zusammen, da zu dieser hin der Hauptzug der Atome gerichtet war, die leichtesten Elemente blieben dagegen in desto gröfserer Entfernung von der Sonne schweben. Hatte sich in einem der Kondensationscentra, aus welchen später die einzelnen Planeten hervorgingen, eine sehr bedeutende Menge Stoff angehäuft und war eine weite Sphäre für die Attraktion vorhanden, so konnte es aufserdem noch zur Bildung von Satelliten kommen, welche die Planeten umkreisten. Der Entstehungsprozefs der Satelliten spielte sich in ganz ähnlicher Weise ab, wie die Entwicklung der Planeten um den Zentralkörper. Der Planet erzeugte nämlich durch die Anziehung, wie die Sonne in dem sie umgebenden Urstoffe, aus der sinkenden Bewegung der Atome schliefslich eine in einer Hauptfläche stattfindende Umlaufsbewegung; wenn die Masse des Stoffes hinreichend grofs war und die Attraktion sich weit genug erstreckte, war die Möglichkeit zur Entstehung von Monden in der Nähe jener Fläche gegeben. Es können daher nach Kant im Sonnensystem nur die Planeten von sehr bedeutender Masse durch eine gröfsere Zahl von Trabanten ausgezeichnet sein (wie Jupiter und Saturn). Die bedeutendste Schwierig-

Digitized by Google

keit schien dieser Theorie in dem Vorhandensein eines Ringes um den Saturn zu erwachsen; allein Kant wufste sich zu helfen, und wir haben Gelegenheit, den Scharfsinn des Königsberger Philosophen gerade bei der Erklärung der Entstehung des Saturnringes zu bewundern. Saturn sei einer der wenigen Körper des Sonnensystems, die ihre fast kreisförmige Bahn um die Sonne erst allmählich erlangt hätten; seine Bahn möge in der Urzeit, da der Planet sehr fern von der Sonne und aus den leichtesten Stoffen gebildet ward, bedeutend excentrisch gewesen sein. Diese excentrische Bewegung brachte den Planeten wiederholt in viel gröfsere Nähe zur Sonne, als es heute möglich ist; Saturn erfuhr eine bedeutende Erhitzung, und da die Stoffe, welche seinen Hauptkörper bildeten, zu den leichtesten des Sonnensystems gehörten, fanden heftige Erhebungen dieser Stoffe auf der Saturnoberfläche statt. Je mehr sich die Saturnbahn ihrer heutigen Gestalt näherte, desto gröfser wurde die Entfernung, bis zu welcher sich Saturn der Sonne nähern konnte, der Planet verlor allmählich alle empfangene Wärme, erkaltete, gleichzeitig verdichteten sich die emporgerissenen Dämpfe und blieben schliefslich in Form eines Ringes um den Saturn schweben. Dafs sich dieser Ring erhalten konnte, verdankt er der Rotation des Saturns um dessen Axe. Die schnellste Bewegung müssen nämlich die vom Aequator des Saturn aufsteigenden Theilchen gehabt haben. Durch ihre Schwere gelangten diese Theilchen in verschiedene Höhe, aber nur jene konnten schweben bleiben, deren Geschwindigkeit der ihrer Entfernung entsprechenden Zentralkraft das Gleichgewicht hielt, die andern wurden fortgeschleudert oder fielen auf den Saturn zurück. In der Nähe der Aequatorebene des Saturn mufsten sich die meisten Partikel anhäufen und durch Kreisbewegung in der Schwebe erhalten. Die Ringform dieser schwebenden leichtesten Partikel des Sonnensystems ward durch mechanische Gründe nothwendig. Die Ausdehnung des Ringes wird durch die Wirkung der Sonne und durch die Rotationsgeschwindigkeit der Saturnkugel bestimmt: jene begrenzt den äufseren Rand, die andere den inneren, indem sie noch Partikel bis dahin schweben läfst, wo Attraktion und Bewegungsgeschwindigkeit einander das Gleichgewicht halten. Auch kann der Ring nicht eine Masse bilden, sondern mufs aus verschiedenen Ringen zusammengesetzt sein, wie aus den sehr verschiedenen Graden der Geschwindigkeit der inneren und äufseren Partikel und dem daraus folgenden, verschieden beschleunigten Umlauf einzelner Ringtheile geschlossen werden kann; Kant fügt prophetisch hinzu, dafs kräftige Fernrohre einst eine ganze Anzahl Theilungen des Saturn-

Digitized by Google

ringes erkennen lassen dürften.[1]) Aus den Abständen der Satelliten vom Saturn und ihren Geschwindigkeiten schliefst Kant aufserdem auf eine schnelle Rotation Saturns und auf eine sehr bedeutende (von den Astronomen der Zukunft zu entdeckende) Abplattung der Saturnkugel.[2]) Kant erörtert auch die Frage, warum die Erscheinung eines den Planeten umgebenden Ringes im Sonnensystem ganz vereinzelt dasteht und weshalb bei der Bildung der anderen Planeten kein Ring möglich wurde. Er berechnet, wie weit sich die leichteren Stoffe auf anderen Planeten hätten erheben müssen, wenn Rotationsdauer, Gröfse der Planeten und deren Schwere an der Oberfläche in Betracht gezogen werden, damit eine Ringbildung aus den sich erhebenden Theilchen resultiren könnte. Er findet, dafs beim Jupiter sich die Theilchen bis auf die zehnfache Distanz des Halbmessers, bei der Erde bis auf das 289fache des Erdhalbmessers hätten entfernen müssen, Dimensionen, die sie niemals haben erreichen können.

Den Grundgedanken der Laplaceschen Vorstellungen über die Entstehung der Planeten haben wir schon im ersten Aufsatze dargelegt. Laplace leitet aus dem rotirenden Zentralkörper die Nothwendigkeit von Ringbildungen ab. Mit der sinkenden Temperatur des Zentralkörpers und dessen beschleunigter Rotation lösten sich Moleküle ab, die sich durch gegenseitige Attraktion in Ringe zusammenzogen, welche den Hauptkörper konzentrisch umgaben und um ihn weiter rotiren mussten. Zumeist sollen sich diese Ringe zertheilt und schliefslich zu einzelnen Massen vereinigt haben, welche die Kerne der heutigen Planeten bildeten. Bei der Verdichtung der Planeten konnten an der Peripherie Massen durch die zunehmende Zentrifugalkraft abgetrennt werden, die sich zu Trabanten zusammenballten oder, wie beim Saturn, als Dunstring schweben blieben.

Die Kant-Laplacesche Nebelhypothese hat nun eine Reihe von Gründen zur Stütze, die in dem mechanischen Aufbau des Sonnensystems, sowie in der physischen Beschaffenheit der Hauptkörper des letzteren und der Sternenwelt überhaupt zu suchen sind. Zunächst ist in unserem Sonnensystem die Thatsache auffallend, dafs die Bahnebenen, auf welchen die Planeten ihren Umlauf um die Sonne vollführen, nur wenig von einander abweichen. Sie liegen meist in

[1]) Zu Kants Zeiten war nur die Cassinische Theilung des Ringes bekannt; die weiteren Theilungen und der innere Ring sind Ende des vorigen und im Verlauf des jetzigen Jahrhunderts durch Herschel, Encke, de Vico, Bond entdeckt worden.

[2]) Die Rotation Saturns beträgt 10 Stunden 29 Min. (nach Herschel); Kant berechnet 6 h. 24 m. Die Abplattung der Saturnkugel ist etwa $^1/_9$.

Digitized by Google

der Richtung der Erdbahn, nur Merkur und Venus sowie einzelne Individuen aus der Gruppe der sogenannten kleinen Planeten weichen stärker ab. Auch die Aequatorialebenen der Planeten differiren nicht sehr weit von einander (die gröfsten Abweichungen haben Mars, Erde u. e. a.). Ferner zeigen die Bahnebenen der Trabanten einzelner Planeten ganz bemerkenswerthe Uebereinstimmung; die einzige Ausnahme sind hier die Monde des Uranus, deren Bahn fast rechtwinklig gegen die Bahnebenen der grofsen Planeten steht. Aufserdem ist die Excentricität der Bahnen, namentlich der Hauptplaneten, in sehr mäfsige Grenzen eingeschlossen (nur Merkur hat eine mehr exzentrische Bahn), die Bewegung um die Sonne geht durchaus in demselben Sinne vor sich, und ebenso auch die Rotation um die Planetenaxen, nämlich wie bei der Erde von West nach Ost. Diese, den mechanischen Aufbau des Sonnensystems charakterisirenden Merkmale können nicht zufällige sein, im Gegentheil weisen sie auf eine gewisse gesetzmäfsige Entwicklung des ganzen Systems, und damit auf zu Grunde liegende gemeinsame Ursachen. Die anderen, unser System belebenden Körper, wie Meteore und Kometen, können wir nach unsern heutigen Kenntnissen über die Natur dieser Körper kaum mit den allgemeinen Bildungsgesetzen, aus denen die Planeten hervorgingen, in Verbindung bringen, müssen denselben vielmehr, wie wir später sehen werden, eine gewisse kosmogonische Ausnahmestellung einräumen.

Auch mit den Ergebnissen, welche die Fernrohre über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper zu Tage gefördert haben, und mit den Schlüssen, die wir uns aus der spektralanalytischen Erforschung des Wesens der fernen Welten gestatten dürfen, steht die Kant-Laplacesche Hypothese in Uebereinstimmung. Aus diesen Theilen der Himmelsforschung wird zur Gewifsheit, dafs Fortbildungen und Umbildungen auch gegenwärtig noch in den Tiefen des Himmels sich vollziehen. Das Fernrohr wie das Spektroskop zeigen uns in der Welt der Nebelflecke den Anfangszustand von Weltbildungen, glühende Gasmassen, Ansammlungen fester Körper in Form von kugeligen Haufen, Uebergangsformen aller Art vom gasigen zum festen Zustande. Die Sterne selber sind für uns werdende Welten in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Die weifsen Sterne befinden sich im Zustande der höchsten Erhitzung, nachdem sie sich aus Nebelflecken konstituirt haben. Die rothen Sterne haben den höchsten Glühzustand schon überschritten, Niederschlagsprodukte sammeln sich auf ihrer Oberfläche; wenn diese Produkte eine feste Kruste bilden, werden die Sterne allmählich erlöschen. Heftige Eruptionen der Massen des Innern

Digitized by Google

durchbrechen bei den „neuen“ Sternen die schwache Kruste und lassen diese Körper neuerdings aufflammen. So sind alle diese Weltbildungen, die leuchtenden und erloschenen Sonnen, Glieder einer Kette von Erscheinungen, deren Grundursache von einem gemeinsamen Prinzip ausgeht. Als solch gemeinsames Prinzip können die Hauptgedanken der Kant-Laplaceschen Nebelhypothese sehr wohl betrachtet werden, da diese eine allmähliche Entwicklung der Weltkörper aus Urnebeln betonen und das Durchlaufen einer Reihe von Epochen verlangen. So erweist sich die Kant-Laplace'sche Hypothese „als einer der glücklichen Griffe in der Wissenschaft, die uns anfangs durch ihre Kühnheit erstaunen machen, sich dann nach allen Seiten hin mit anderen Entdeckungen in Wechselbeziehungen setzen und in ihren Folgerungen bestätigen, bis sie uns vertraut werden.“ (Helmholtz.)

Diesem letzten Satze stimmen im allgemeinen auch die Gegner der Hypothese bei. Die Einwendungen derselben richten sich nämlich weit weniger gegen die Grundlagen, als vielmehr gegen die Durchführungsart gewisser Theile der Theorie.

Bevor wir diese Einwendungen vorführen, wollen wir jedoch noch vorher eine wesentliche Stützung der Kant-Laplaceschen Hypothese kennen lernen.

Bei den Laplaceschen Auseinandersetzungen blieben namentlich zwei Punkte sehr kritisirbar: die von Laplace nicht hinreichend vertiefte Art und Weise, wie sich die Ringe abgelöst und aus ihnen Planeten gebildet haben, und ferner, wie die Planeten und Satelliten zu einer Rotation gelangt sind. Einigen Ersatz für die fehlende konsequente Durchführung der Theorie bot nur Plateaus Experiment, an den Umformungen eines in Drehung versetzten Oeltropfens die Bildung von frei sich bewegenden Kugeln, also gewissermafsen die Entstehung eines Sonnensystems im kleinen, nachzuweisen.[3]) Diese Stützung der

---

[3]) Plateau brachte eine Mischung von Wasser und Weingeist, deren spez. Gewicht er jenem des Olivenöls gleich machte, in ein Gefäfs, in dessen Mitte sich eine Kurbel befand, an deren Drehungsaxe im Mittelpunkt des Gefäfses eine kleine metallene Scheibe angebracht war. Er gofs in die Mischung eine Quantität Olivenöl derartig, dafs sich die Theilchen desselben infolge der Adhäsion um die metallene Scheibe sammelten und eine Kugel bildeten. Darauf wurde die Kurbel in Drehung gesetzt, die Oelkugel erhielt alsbald eine polare Abplattung und nahm die Gestalt eines Ellipsoides an, welches sich bei fortgesetztem Drehen zu einer linsenförmigen Scheibe ausbreitete. Bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit trennte sich sofort der Rand der Scheibe in Ringe ab, während das Oeltröpfchen wieder kugelförmig wurde. Bei starker Rotation schleuderte die Oelscheibe Theilchen weg, die selbständige, rotirende

Digitized by Google

Nebelhypothese, nämlich eine logische Ableitung der gesetzmäfsigen Vorgänge, nach welchen die Ringbildung erfolgt ist, suchte der schon im ersten Aufsatze erwähnte Friedrich Weifs in seinen „Gesetzen der Satellitenbildung“ zu erbringen. Konform mit Laplace läfst er die mit der Abkühlung des Zentralkörpers in der Aequatorebene niederschlagenden Massen sich in eine Dunstscheibe ausbreiten, welche sich mehr und mehr abplattet. Aus dieser Scheibe bilden sich Nebelringe, sobald die Anziehung von der Rotationsgeschwindigkeit der Partikel übertroffen wird, denn dann werden die Theilchen durch die Zentrifugalkraft vom Zentrum auf weite Entfernungen fortgerissen und es tritt eine Trennung der Scheibe vom Zentralkern ein. Diese Bildungen erfolgen in allen Systemen, sowohl Planeten- wie Trabantensystemen, mit völliger Regelmäfsigkeit, so dafs die ursprünglichen Dichten der gebildeten Körper, ihre Entfernungen vom Zentralkörper und ihre Umlaufsgeschwindigkeiten gewisse geometrische Reihen darstellen, welche Reihen Weifs thatsächlich an den bestehenden Verhältnissen unseres Sonnensystems nachweisen zu können glaubt. Die Mittelpunkte der Nebelringe werden schon in den ersten Stadien des Entstehens etwas exzentrisch gegen die Zentralkörper verschoben gewesen sein, oder, wenn dies nicht der Fall und das System ein kreisförmiges war, können Störungen mannigfacher Art solche exzentrische Stellungen mit der Zeit bewirkt haben. Wenn die Lage eines Ringes zum Zentralkörper besonders exzentrisch war, wurde an den Stellen der gröfsten Entfernung vom Zentrum die Schnelligkeit des Umlaufs der Dunstmassen verzögert, und da dies bei jedem Umschwunge eintrat und eine Ausgleichung des an jenen Stellen sich zusammendrängenden Stoffes nicht alsbald möglich war, häuften sich die Partikel schliefslich und bildeten einen Kern, der unbehindert mit dem Ringe um den Zentralkörper weiter rotirte. Aus solchen Kernen in den ursprünglichen Aphelien (Sonnenfernen) der Bahnen sind die nachmaligen Planeten hervorgegangen, desgleichen die Satelliten aus Kernen, die sich in den gröfsten Distanzen von den ursprünglichen Planetenkernen befanden. Die auf diese Art entstehenden Kerne waren für jedes System anfänglich von gleicher Masse; die Kerne der äufseren Ringe besafsen jedoch eine geringere zentrifugale Geschwindigkeit als die der inneren, ihre Anziehungskraft konnte gröfser werden als die der inneren Kerne, und sie vermochten deshalb bisweilen mehr Stoff um sich zu sammeln

Kugeln bildeten, welche ihren Umlauf um den früheren Mittelpunkt fortsetzten. Die ganze Erscheinung stellt die Formation von Planeten durch Rotation eines Zentralkörpers im kleinen dar.

Digitized by Google

und sich zu vergröfsern; in diese ursprünglich ganz regelmäfsigen Vorgänge haben zerstreute Massen der äufseren Ringe, die sich nicht mit den Kernen vereinigten, Störungen hineingetragen und die früher geometrischen Massenverhältnisse der Planeten und Satelliten erheblich modifizirt. Das Ringsystem des Saturn ist in ähnlicher Weise durch Anhäufung von Materie an bestimmten Stellen der ursprünglichen, um den Saturnkern rotirenden Nebelscheibe gebildet. Dadurch aber, dafs Satelliten sehr nahe dem Saturn entstanden, trafen einzelne Stellen des Ringes zu bestimmten Zeiten mit einzelnen Satelliten zusammen und die Anziehung dieser und der Umstand, dafs der Ring einen flüssigen Zustand (Weifs mufste noch die Peircesche Vorstellung eines flüssigen Ringes adoptiren) besitzt, bewirkt die Aufhebung etwaiger Kernbildungen im Ringe und die Verhütung von Störungen seiner Exzentrizität; ohne die Monde und namentlich ohne gewisse kommensurable Verhältnisse der Umlaufszeiten derselben[4]) würden gefährliche Exzentrizitätsveränderungen Platz greifen und die Erhaltung eines frei schwebenden Ringes unmöglich sein. — Der Asteroidenring (die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter) entstand vornehmlich unter der Einwirkung des mächtigsten der grofsen Planeten, Jupiters. Dieser Planet wurde aus einer der äufsersten Ringzonen des Sonnensystems gebildet (alle Bildungen begannen nach Weifs in den äufseren Ringen) und übte durch seine Masse eine bedeutende Störung auf den Asteroidenring aus, indem er es dort nicht zu grofsen Kernbildungen kommen liefs; es entstanden daselbst nur eine sehr grofse Zahl kleiner Ballungen. Einzelne starke Neigungen der Bahnen der Asteroiden, und übrigens auch einzelner grofser Planeten, sind das Resultat von Bewegungen in den ursprünglichen Nebelscheiben, indem diese während verschiedener Epochen keineswegs ihre Lage unverändert gegen die Sonne beibehielten, sondern Schwankungen durchliefen. Die Entstehung der Rotation der Planeten und Satelliten denkt sich Weifs folgenderweise: Die Satelliten- und Planetenkerne hatten so lange keine Drehbewegung, als sie sich nur durch Vereinigung mit den gemeinsam mit ihnen laufenden Partikeln vergröfserten. Als aber Massen aus den äusseren Dunstringzonen in den Anziehungsbereich der Kerne geriethen, entstanden seitliche Bewegungen; die sich nähernden äusseren Massen steigerten ihre Um-

[4]) Weifs machte besonders auf das folgende kommensurable Gesetz aufmerksam, dafs die Rotationsdauer des Ringes gleich ist der Differenz der Rotationen des ersten und zweiten Satelliten, und gleich der halben Differenz des dritten und vierten.

Digitized by Google

laufsbewegung, eilten an den Satellitenkernen voraus, und während diese sich allmählich vergrößerten, erhielten sie durch die Falllinien nach und nach eine Drehbewegung im nämlichen Sinne, wie die Umlaufsbewegung der voraneilenden Theilchen und die Kernmasse hatte.

Wenn auch die Weifsschen Ausführungen zum Theil unklar und anfechtbar sind (wie die Entstehungsart der Rotation), so gebührt ihnen doch das Verdienst, in der Hauptsache eine wesentliche Stützung der Nebelhypothese erreicht zu haben. Mit ihnen haben auch die Vorstellungen eine Verwandtschaft, welche Newcomb in neuerer Zeit über die Ringbildungsansicht von Laplace ausgesprochen hat. Auch nach Newcomb hat sich der ursprünglich kugelförmige Kern des Sonnensystems durch Verdichtung und die Wirkung der Zentrifugalkraft immer mehr und mehr abgeplattet, bis die ganze Masse in eine flache Scheibe ausgebreitet war. Diese Scheibe löste sich bei weiterer Erkaltung und Dichtezunahme in Ringe auf, und zwar waren die inneren, dem Zentrum nahe gelegenen viel weniger ausgedehnt als die entfernten äufseren, die die Peripherie unseres Sonnensystems darstellten. Ein sich auflösender, um einen Kern sich zusammenziehender Ring bildete nach und nach wieder eine Nebelscheibe im kleineren Mafsstabe, das Spiel der Kräfte begann von neuem, und aus der Zertheilung der Nebelscheibe in Ringe gingen Satelliten hervor, während der Kern zum Planeten wurde.

Wir wollen nun auf die Einwendungen gegen die Nebelhypothese näher eingehen. Der erste Punkt, gegen den sich eine gemeinsame Aktion vieler Gegner wendet, ist die von Laplace vertretene Entwicklung der Planeten aus den Ringen, welche sich von dem Hauptkörper konzentrisch abgelöst haben sollen. Kirkwood, Faye, haben bezweifelt, dafs unter den von Laplace gemachten Voraussetzungen der ursprüngliche Zentralkörper durch Konzentrirung und vermehrte Rotation habe Ringe abgeben können. Es würden sich um die Sonne höchstens eine Menge sehr kleiner Weltkörper gebildet haben. Deshalb gewinnen die mathematischen Untersuchungen von Roche[5]) ein grofses Interesse, welche das Verhalten des Laplaceschen Nebular-Ellipsoides zu verfolgen suchen. Diese Ermittelungen zeigen, dafs die Ringbildung zwar stattfindet, aber keine ununterbrochene ist, es tritt vielmehr ein gewisses Wechselspiel zwischen jeder Ringablösung und der Kondensation des Ellipsoides ein. Durch die Zusammenziehung wird Materie gegen das Zentrum gefällt, ein elliptischer Streifen löst sich ab, das

[5]) Essai sur la constitution du systéme solaire Montpellier 1873.

Digitized by Google

Gleichgewicht stellt sich durch Verminderung des Aequatordurchmessers wieder her und die Ringbildung hört eine Zeit lang auf, durch weitere Abkühlung der Oberfläche tritt eine abermalige Zusammenziehung ein und eine neuerliche Streifenbildung ist die Folge u. s. f. Die Ringbildung ist also thatsächlich möglich. Trowbridge[6]) hat aber eingewendet, dafs unter Festhaltung der Laplaceschen Ansicht bei der Ringabgabe die Masse des Urstoffes nicht gleichmäfsig auf das ganze Sonnensystem vertheilt werden konnte, dafs im Gegentheil die äufseren entfernten Ringe eine aufserordentlich dünne Beschaffenheit hätten annehmen müssen; die Hauptmasse des Stoffes hätte sich nach der Sonne hin, wahrscheinlich schon innerhalb der Erdbahn, konzentrirt. Demnach wäre zwar die Sonne ein aufserordentlich grofser Körper geworden, aber in den entfernten dünnen Zonen hätte das Material nicht zugereicht, um enorme Planeten wie Jupiter und Saturn zu schaffen.

Roche[7]) untersuchte auch mathematisch die Existenzbedingungen einer gleichförmig dichten, flüssigen Masse, welche rotirt und der Attraktion eines Zentralkörpers unterworfen ist. Er fand gewisse Dichteverhältnisse, bei welchen das Gleichgewicht einer solchen flüssigen Masse aufhören würde zu existiren, bei welchen also eine derart beschaffene Planetenmasse sich als Sphäroid nicht weiter halten könnte. Dafs die entfernteren der grofsen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun bei sehr grofsen Massen geringe Dichte besitzen, die inneren kleineren Planeten aber erheblich dichter sind, deutet auf Dichtestörungen während der Ringbildungszeit. Eine solche Veränderung der Materie, aus welcher der Asteroidenring entstanden ist, konnte bewirken, dafs sich ein einst dort befindlicher Körper als Sphäroid nicht halten konnte und in eine grofse Zahl kleiner Planeten auflöste. Ein weiterer Dichtewechsel hätte aber auch noch nach der Entstehung der kleinen Planeten die vier äufsersten grofsen Planetenkörper zu Wege bringen können. —

Aus den losgelösten Ringen sollen sich nach Laplace kleine sphäroidische Kerne bilden, die sich dann vereinigen und so zu Planeten werden. Gegen diese Vereinigung hat Kirkwood[8]) geltend gemacht, dafs sie eine aufserordentlich lange Zeit in Anspruch nehmen mufs. Nach seiner Rechnung würde es hunderte Millionen Jahre

[6]) On the Nebular-Hypothesis. (Sillim. Americ. Journ. 2 serie t. 38; 1864.)

[7]) Mémoire sur la figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné. — (Mém. de l'Acad. de Montpellier. I. II. 1849—51.)

[8]) Proceedings of the Amer. Phil. Soc. 1880.

Digitized by Google

dauern, bevor die Partikel eines einzigen Ringes zu einer Planetenmasse vereint sein könnten. Nachdem man es aber mit sehr vielen Ringen zu thun hat, von denen nur einer nach dem andern aufgelöst worden sein kann, so würde man schon für die bloßen Urbildungen unseres Sonnensystems so ungeheure Zeiträume voraussetzen müssen, daß sie im vorhinein unwahrscheinlich sind. Zudem würde bei einer so langsamen Transformation der Nebelringe fast keine Hitze entwickelt werden, die doch bei dem Eintritt der geologischen Epochen der meisten Planeten höchst wahrscheinlich in hohem Grade vorhanden gewesen ist.

Faye[9]) hat gegen Laplace einzuwenden versucht, daß bei der Entstehung der Planeten aus Ringen die Planeten sich zwar alle in demselben Sinne um die Sonne bewegen müßten, daß aber ihre Rotation um die Axen und auch die Rotation der Satelliten eine entgegengesetzte sein würde. Hirn[10]) hat aber nachgewiesen, daß selbst wenn ein aus einem Ringe sich formender Planetennebel eine retrograde Bewegung gehabt hätte, sich diese nicht würde haben halten können. Für die Urzeit sei die Wirkung mächtiger Gezeiten (Fluthbewegungen) auf in Bildung begriffene Nebel seitens der Sonne nicht unwahrscheinlich. Eine solche Gezeitenwirkung wird den planetarischen Nebel verlängert und allmählich eine Gleichheit seiner Rotation und seines Umlaufs um die Sonne herbeigeführt haben. Darauf gewann, da die Bahngeschwindigkeit der äußeren Parthien größer als jene der innern war, die äußere Bewegung das Uebergewicht und die Rotation ordnete sich der allgemeinen Bewegung unter, geschah also im gleichen Sinne wie der Umschwung um die Sonne.

Nach der Ringbildungstheorie kann weiter in den Satellitensystemen die Entfernung eines Satelliten vom Zentralkörper nicht ein gewisses Maß überschreiten, da nach Laplace vorausgesetzt wird, daß die Monde mit dem Planeten einst ein Sphäroid bildeten und sich aus den von letzterem abgelösten Ringen entwickelt haben; ferner kann vermöge dieser Bildungsart der Umschwung der Monde um den Planeten des betreffenden Satellitensystems nicht schneller sein, als die Rotation des Planeten um seine Axe erfolgt. Nun bemerken wir, daß der Mond der Erde in einer respektablen Entfernung (384 000 Kilometer) von dieser sich bewegt, und es fällt uns schwer, die heutige kleine Erde in der Urzeit bis zu solchen Dimensionen ausgedehnt, oder auch nur mit einem so außerordentlichen Dunstkreise umgeben

[9]) Bullet. de l'Assoc. scientif. de France. 2. Serie VIII.

[10]) Mémoire sur les conditions d'équilibre et sur la nature probable des anneaux de Saturne.

Digitized by Google

zu denken. Andererseits vollzieht sich der Umschwung des innern der beiden Marssatelliten (Phobos) in 7 Stunden 39 Minuten, während Mars selbst 24 Stunden 37 Minuten zur Rotation um seine Axe braucht; und der innere Ring des Saturn bewegt sich schneller, als Saturn selbst. Diese Einwendungen gegen die Nebelhypothese haben sowohl Roche als Hirn in mehreren Arbeiten berührt. Nach Roche gehört zur Satellitenbildung schon eine gewisse Dichte des Planeten; die Wirkung der Sonnen-Gezeiten hinderte die Entstehung von Monden, und erst wenn diese infolge des Wachsens des Kernes nicht mehr überwiegen konnte, wurde der Ringablösung weniger Schwierigkeiten bereitet. Bei den sonnennahen Planeten, wie Merkur, Venus, Erde, deren Kerne der Sonnengezeit besonders unterworfen waren, sind bedeutende Ausdehnungen der Nebelhüllen nothwendig gewesen, ehe es zur Bildung von Monden kommen konnte. Es kann also auch das Erdellipsoid eine Erstreckung auf grofse Distanz hin erfahren haben. Wurde an den äufsersten Grenzen dieses verlängerten Ellipsoides eine Nebelmasse mit geringer Geschwindigkeit abgegeben, so kann sich deren Dichte in dem Mafse vergröfsert haben, als bei der Verkleinerung des gestreckten Nebels durch Verminderung der Gezeiten sich die Materie um jene Nebelmasse verdünnte, schliefslich kann eine völlige Lostrennung erfolgt sein, und der entstandene Mond vermochte auf diese Weise seinen Umlauf in sehr beträchtlicher Distanz von der Erde auszuführen. Wir werden später hören, zu welchen Resultaten der Mathematiker G. H. Darwin über die Mondentstehung gelangt ist. — Betreffs des Marssatelliten Phobos läfst sich annehmen, dafs er sich in dem Marssystem zuletzt und zwar aus dem Marskörper bei dessen Kontraktion gebildet hat. — In Beziehung auf den Saturnring hat Roche darauf hingewiesen, dafs die ursprüngliche Nebelatmosphäre des Saturn mindestens doppelt so grofs gewesen sein mufs als heute. Haben sich die Saturnringe zu dieser Zeit gebildet, so mufsten sie eine die heutigen Dimensionen weit übertreffende Ausdehnung besitzen, aber es wäre möglich, dafs später eine Zusammenziehung derselben erfolgt ist. Nach Hirn wäre dies durchaus nicht unmöglich, vielleicht sogar eine Konsequenz bei der Abkühlung des flüssigen Ringes. (Hirn hat nachgewiesen, dafs gasförmige oder flüssige Ringe sich verengen mufsten, bis sie auf den Planeten fielen.) Der Ring konnte, wenn er sich erhielt, so seine eigene Rotation selbständig erlangen. Freilich ist heutzutage durch Maxwells Untersuchungen die Vorstellung einer flüssigen Beschaffenheit der Saturnringe abgethan.

Digitized by Google

Man hat auch die Abweichungen in der Lage der Bahnebenen der Planeten[11]) gegen einander als Einwurf der Nebularhypothese benützt. Wir haben erörtert, wie F. Weifs diese Abweichungen aus Schwankungen der Nebelscheiben um den Zentralkörper zu erklären gesucht hat. Die Schwankungen sollen mit dem fortschreitenden Ablösen von Ringen, also Abnahmen des Durchmessers der Scheiben, ihrer zunehmenden Verdichtung und gesteigerten Rotation allmählich zur Ruhe gebracht worden sein. Man geht wohl am richtigsten, wenn man die Verschiedenheit der Bahnneigungen der Planeten durch Störungen erklärt, welche nicht gestatteten, dafs die Bahnen sämtlich in einer und derselben Hauptebene verblieben. In diesem Sinne hat sich Leverrier ausgesprochen. Nach ihm existiren im Sonnensystem Stellen, wo vorhandene kleine Massen durch die Störungen zweier grofser Planeten ganz bedeutende Veränderungen in der Bahnebene erleiden können. So können die beträchtlichen Neigungen der Bahn des Merkur durch Venus und Erde, diejenigen mehrerer Asteroiden durch die Störungen seitens Jupiter und Saturn hervorgebracht worden sein. Die Wichtigkeit der Rolle, welche Jupiter durch seinen störenden Einflufs bei der Bildung der Asteroiden zugefallen sein mag, hat auch Kirkwood hervorgehoben. Der Ring der Asteroiden zeigt gewisse Kommensurabilitätsverhältnisse in der Umlaufszeit der einzelnen kleinen Planeten, welche zu permanenten Störungen durch Jupiter an denselben Orten der Bahnen führten und Exzentricitäten sowie Neigungen dieser Bahnen erheblich verändern mufsten. — In Verbindung mit der Frage nach der Entstehungsweise der Bahnneigungen steht die Schwierigkeit, aus der Nebularhypothese die sehr verschiedene Axenstellung gegen die Bahnen der Satelliten[12]) richtig zu erklären und die der allgemeinen Rotation entgegengesetzte Bewegung der Monde des Uranus und des Neptun zu deuten. Eigentlich mufsten die Rotationsaxen aller Planeten auf den Bahnebenen senkrecht stehen. Indefs finden wir dies kaum wo anders als bei Jupiter. Kant war der Ansicht, dafs die Umdrehungsaxen der Planeten in den frühesten

[11]) Die gröfste Bahnneigung unter den grofsen Planeten hat Merkur (7 Grad); unter den kleinen Planeten haben Pallas (34 Grad), Euphrosyne (26), Aethra (25), Gallia (25), Istria (26) sehr bedeutende Bahnschiefen.

[12]) Mindestens die beiden äufsersten der 4 Uranusmonde sind rückläufig; alle vier haben die im Sonnensystem einzig stehende Eigenthümlichkeit, dafs ihre Bahnen senkrecht zur Ekliptik sind. Der Mond des Neptun läuft gleichfalls retrograd, die Bahnneigung beträgt 145 Grad. Die Bahnneigungen der Jupitermonde sind sehr mäfsig (bis zu 2 Grad), die des Saturn schwanken zwischen 18 bis 28 Grad, die beiden Marsmonde haben etwa 26 Grad.

Digitized by Google

Zeiten sich nicht viel von den entsprechenden Bahnebenen entfernt haben. Erst viel später, als die sich weiter ausbildenden Himmelskörper den flüssigen Zustand erlangten, oder schon dem festen zustrebten, sei das Gleichgewicht des Umschwunges durch diese Wandlungen gestört und die Lage der Axen geändert worden. Bei diesen ersten Formationen entstünden nämlich mannigfache Unregelmäfsigkeiten, Höhlungen im Innern der Körper durch unvollständige Senkung schwerer Stoffe, einseitige Anhäufung grofser Massen, namentlich an den Aequatoren der Planetenkugeln u. dergl.; Störungen solcher Art hätten durch Verschiebung des Gleichgewichtes der rotirenden Körper zu Axenverschiebungen geführt. Auch Weifs hält dafür, dafs die Axenstellung erst in vorgerückteren Stadien der Weltbildung Platz gegriffen hat, wenigstens bei mehreren der inneren Planeten; diese sollen während der Kontraktionsepochen vermöge ihrer geringen Abplattung, langsameren Rotation und beträchtlichen Schwere an ihrer Oberfläche, leichter den inneren Störungen ausgesetzt gewesen sein und die etwa vorhandenen schiefen Axenstellungen zur Zeit der ersten geologischen Bildungen erhalten haben; die grofsen äufseren Planeten hätten die Stellung ihrer Axen schon in der Epoche der Dunstballbildung angenommen und seien vor weiteren Katastrophen durch ihre geringe Schwere, starke Abplattung und schnelle Rotation geschützt worden. Zur Erklärung der Rückläufigkeit der Uranusmonde berechnet F. Weifs, dafs nach den heutigen Dichtigkeits- und Massenverhältnissen der vier äufseren Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die Dunstringe dieser Planeten zum Zwecke der Zusammenballung in Planetenkugeln durchaus nicht ganz, sondern nur zum geringern Theil der Masse aufgebraucht worden seien; Jupiter habe die gröfste Menge seiner Dunstscheibe in sich aufgenommen. Die übrig gebliebenen Reste der Nebelscheiben, die immer noch eine sehr bedeutende Masse Materie in sich vereinigten, können Hemmungen in der Bewegung benachbarter Nebelscheiben bewirkt haben, also namentlich der Uranusscheibe, die schon weiter kondensirt war. Diese Hemmungen werden ihren Angriffspunkt im äufseren Gebiete des Uranussystems gehabt haben und konnten hier die Bewegungsrichtung der im Entstehen begriffenen Satelliten wesentlich modifiziren.

Die letzteren Versuche, um retrograde Bewegungen im Sonnensystem noch durch die Kant-Laplacesche Nebelhypothese erklären zu können, sind schon sehr gewagter Art. Faye hat deshalb, wie im ersten Aufsatze kurz bemerkt worden ist, die Laplacesche Entwick-

Digitized by Google

lungsmethode ganz verworfen und durch ein neues System ersetzt. Er nimmt an, dafs die äufseren Planeten Uranus und Neptun sich unter anderen Umständen und viel später gebildet haben als die inneren zwischen der Sonne und Saturn. Anfänglich bildete der Zentralkörper des Sonnensystem eine bis zum Saturn reichende homogene, sphärische Nebelmasse, in welcher die Geschwindigkeit des Umschwunges vom Zentrum nach der Peripherie mit der Entfernung zunahm. Nebelringe trennten sich hier ab und ballten sich zu Planeten mit rechtläufiger Bewegung zusammen. Nun konzentrirte sich aber auch die Sonne, gewann bald eine erhebliche Dichte und eine überwiegende Masse. Damit änderte sich aber auch das bisherige Schweregesetz, und variirte nicht mehr direkt nach der Distanz vom Zentrum, sondern umgekehrt nach dem Quadrate der Entfernung; während also die Geschwindigkeit des Umschwunges früher vom Zentrum nach aufsen zunahm, verminderte sie sich jetzt; die Richtung der dann erzeugten Körper war mithin denen der früher entstandenen Planeten entgegengesetzt, nämlich retrograd. Durch die Annahme, dafs die Planeten vom Merkur bis zum Saturn entstanden, als noch die erste Form des Schweregesetzes Geltung hatte, und dafs die Schaffung des Uranus und Neptun erst in einem höheren Alter des Sonnensystems, nach der Kondensation der Sonne, als die zweite Form des Schweregesetzes auftrat, erfolgte, gelingt es Faye, die rückläufige Bewegung für Uranus und Neptun zu gewinnen. Für die Erzeugung der Satelliten bedarf Faye der Ringbildung, wie Laplace. Faye muthmafst aber, dafs die Entfernungen der Satelliten von ihren Zentralkörpern (wie übrigens auch die Distanzen der grofsen Planeten von der Sonne) ursprünglich bedeutend gröfser gewesen sein müssen, als heute. Die Ausdehnung des ganzen Sonnensystems mag bei weitem erheblicher gewesen sein und erst in der Folge der Zeiten schritt die Zusammenziehung (weniger durch Abkühlung als durch die Gravitation) vorwärts. Die Ballungen zu Satelliten vollzogen sich schon während dieser Zusammenziehung, und bei der Lostrennung gelangten die Satelliten in jene Entfernungen von ihren Zentralkörpern, die sie heute einnehmen.

Wir haben zum Schlufs noch einige Momente der im ersten Aufsatze skizzirten kosmogonischen Theorie des Pater Braun zu erwähnen. Bei dieser Theorie scheint die Verschiedenheit der Bahnneigungen der einzelnen Planeten leichter erklärlich, als nach der Nebularhypothese; dadurch, dafs der Antrieb der Sonne zu einer Rotation von aufsen her, durch Zuwachs von Nebelmassen aus den Sternsystemen, erfolgte, also durch Streifung oder Stofs derselben, ist die Erzeugung der Rotation des

Digitized by Google

Zentralkörpers nicht an eine bestimmte Hauptebene und die Entstehung von Planeten ebenfalls nicht an diese Ebene gebunden, sondern die Planeten konnten an verschiedenen Stellen des Zentralnebels geschaffen werden. In je früherer Zeit eine Nebelmasse eindrang, desto mehr musste sie auf die Bahnneigung und die Rotationsebene des durch sie hervorgerufenen Planeten von Einfluſs sein. Schon sehr dünne Massen würden hingereicht haben, beträchtliche Verschiedenheiten in der Lage der Bahn zu bewirken. —

Die bisherigen Auseinandersetzungen führten uns nur durch den allgemeinen Theil der Kosmogonie, nämlich nur bis zu den ersten Epochen des Werdens der Welten; wir haben nun noch die Aufgabe, die weitere Entwicklung der Gestirne darzustellen und beginnen zu diesem Ende mit der Allherrscherin unseres Systems, der Sonne.

Digitized by Google

Eine Amerikafahrt 1492 und 1892.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania
bearbeitet von
Dr. M. Wilhelm Meyer.
(Schlufs.)

Welche enormen Werthe schwimmen durch jene enge Wasserstrafse des Solent beständig hin und zurück! Wenn irgend ein Anblick den Geist des Columbus mit triumphirendem Stolze erfüllen könnte, so wäre es dieser! Wo vor vierhundert Jahren sich nur kleine, von den Launen der trügerischen Witterung abhängige Nufsschaalen ängstlich längs der Küstensäume hinschlichen, da stechen jetzt, unbekümmert um alle Elemente, prunkende Paläste mit rasender Geschwindigkeit unerschrocken in die hohe See, ihre weite Fahrt in sechs bis sieben Tagen mit einer so sicheren Innehaltung der Fahrzeit ausführend, beinahe als gelte es eine Reise auf festem Lande.

Der letzte Leuchtthurm ist uns inzwischen aus den Augen verschwunden. Wir befinden uns bereits auf hoher See. Der mächtige Dampfer trägt uns mit Windeseile über einer weiten, wundervollen Welt hin, wie etwa ein Luftballon über Feld und Wald; über einer Welt, die fast dreimal so grofs ist, wie die wenigen Erdschollen, welche aus dem meerumflossenen Planeten auftauchen. Wie schade, dafs schon in wenigen Zehnern von Metern das Meerwasser für unser Auge undurchsichtig wird! Welche Fülle wunderbarster Eindrücke würden wir auf einer Oceanfahrt gewinnen können, wenn wir, dem Luftschiffer ähnlich, die reiche Welt hier unter uns, die Mysterien des Meeresgrundes belauschen könnten?

Die Bevölkerung der Wasseratmosphäre theilt sich ganz ebenso wie die des Luftmeeres in Stufen, so dafs gewisse Thiere nur in gewissen Meerestiefen fortkommen können. Dies ist hier auch noch begreiflicher wie in unserer Atmosphäre wegen der so ganz verschiedenen Lebensbedingungen, welche die verschiedenen Meerestiefen aufweisen. Das Maximum der Entfaltung liegt hier natürlich an der

Digitized by Google

Meeresoberfläche und nimmt ab mit gröfserer Tiefe, also in umgekehrter Richtung wie in der Luft. So weit das Licht noch seine chemische Wirkung auszuüben vermag, können noch einige Pflanzenarten, Algen, fortkommen, welche bekanntlich im atlantischen Ocean ungeheuer weite Strecken, das sogenannte Sargassomeer, oberflächlich anfüllen. Die Reise des Columbus führte durch dieses Gestrüpp, das ihm viel Sorgen machte; unser Kurs geht dagegen weit nördlich von demselben. Frei schwimmende mikroskopische Algen, Diatomeen, sind in jedem Tropfen Meerwassers zu finden, lebend, wenn man den Tropfen aus geringeren Tiefen nimmt, ihre todten Kalkpanzer dagegen in der Tiefe. Sie regnen mit den Schalen anderer mikroskopisch kleiner Geschöpfe in ungeheuern Mengen beständig auf den Meeresgrund hinab, wo sie die Kreideberge bilden, welche die Geologen kommender Schöpfungsperioden für unsere Entwicklungsepoche der irdischen Natur charakteristisch finden werden.

Die Meereswelt, welche wir aus den Aquarien oder landläufigen Schilderungen zu kennen pflegen, bevölkert nur den Meeresgrund bis zu verhältnifsmäfsig geringen Tiefen. Korallenwälder und die bunte Welt der übrigen, mit Millionen geschäftiger Arme Beute jagenden Pflanzenthiere, der Meerrosen, Aktinien aller Art, trifft man meistens nur bis zu etwa hundert Metern Tiefe an. Dann vereinsamt sich mehr und mehr der finstere Grund und nur hie und da besucht ihn eine oder die andere jener bekannteren Fischarten des Meeres. In den grofsen Tiefen dagegen, über welche augenblicklich unser Schiff hineilt, wird es immer öder und öder. Gleich nach dem ersten Tage unserer Fahrt von Southampton aus haben wir Tiefen von 2000 bis 2700 Metern unter uns. Dann fahren wir über einen unterseeischen Gebirgsrücken hin, der sich von Norden nach Süden durch den ganzen atlantischen Ocean erstreckt und dessen höchste Bergspitzen als die Inselgruppe der Azoren sich bis über die Wogen erheben. Auf unserem Wege dagegen ist er immer noch mindestens 1500 Meter unter uns. Die gröfsten Meerestiefen weist bekanntlich der pacifische Ocean auf, die bis zu 8500 Metern oder so tief herabsteigen, wie sich umgekehrt die höchsten Berge in die Lüfte erheben.

In diesen Meerestiefen herrscht neben dem ganz ungeheuren Druck der überlagernden Wassermassen, die unsern Leib sofort zusammendrücken würden, eine constante Temperatur, die vom Gefrierpunkt nur unbedeutend differirt.

Die Temperatur des Meerwassers sinkt mit der Tiefe bekanntlich in allen Breiten sehr schnell und erreicht selbst in der heifsen

Digitized by Google

Zone da, wo der Meeresboden nach den Polargegenden hin eine freie Zirkulation des Wassers gestattet, schon bei wenigen hundert Metern Tiefe den Nullpunkt, unter welchen es bei gröfseren Tiefen noch bis auf — 0°.6 herabsinken kann. Der Grund hiervon ist einerseits die gröfsere Schwere des kalten Wassers, welche sein beständiges Niedersinken bedingt, andererseits eine beständige Strömung desselben auf dem Meeresboden, welche von den Polen nach dem Aequator gerichtet ist. Wo diese Strömung durch unterseeische Barrieren gehemmt ist, wie beispielsweise eine solche zwischen England und Grönland vorhanden ist und dem kalten Strome des Polarmeeres den Zugang in den atlantischen Ocean erschwert, bleibt die Temperatur noch in gröfseren Tiefen auf derjenigen Höhe, welche auf der Kuppe jenes trennenden Bergrückens unter dem Meere herrscht. Dadurch wurde der atlantische Ocean ein Wärmereservoir von grofser Bedeutung für unsere klimatischen Verhältnisse. Während dort beispielsweise bei 1000 m Tiefe noch etwa 6° Wärme angetroffen werden, sinkt dieselbe im grofsen Ocean selbst unter dem Aequator oft bei 50 m Tiefe schon um mehr als 10° unter die Temperatur der Oberfläche und beträgt oft in mittleren Breiten bei 100 m Tiefe nur noch 1° C. Sehr interessant verhält sich in dieser Hinsicht das mittelländische Meer, welches von der Wasserzirkulation des atlantischen Oceans durch die nur 350 m tiefe Meerenge von Gibraltar getrennt ist. Die Temperatur des Mittelmeeres sinkt deshalb niemals unter die, welche man in der genannten Tiefe des atlantischen Oceans findet, also 14°, obgleich das Becken natürlich stellenweise ganz bedeutend gröfsere Tiefen aufweist, die im benachbarten Ocean beträchtlich niedrigere Temperaturen besitzen. Diesem Umstande verdankt das Mittelmeer seine eigenartige, üppige und reiche Thierwelt.

Man stelle sich diese Umstände vor: Ein Druck von vielen hundert Atmosphären, völlige Finsternifs, eisige Kälte, um zu begreifen, dafs hier, wenn es denn überhaupt hier noch Leben giebt, was erst die neuesten Tiefseeforschungen erwiesen haben, eine fremdartige Welt mit fremdartigen Geschöpfen sich uns aufthun würde, die mit unserer sonnigen Welt des Landes kaum einen Zug gemein haben kann. Abenteuerliche Formen von Fischen und Gethier aller Art, die meist einige selbstleuchtende Stellen, wie Laternen, die ihnen den Weg durch diese Finsternifs weisen oder vielleicht auch nur zur Anlockung der Beute dienen sollen, am Körper, gewöhnlich aber ungeheuere Mäuler haben, in welche die Beute einfach hineinschwimmen mufste, hat man aus diesen unwirthlichen Tiefen ans Licht gezogen.

Digitized by Google

Kehren auch wir nach dieser kleinen Gedankenexkursion wieder zurück zum heiteren Tage.

Seit mehreren Tagen schon haben wir kein Land mehr gesehen. Wie wird nun das Schiff sicher durch die scheinbar endlose Wasserwüste geführt, wo kein Leuchtthurm, kein Seezeichen den Weg mehr bezeichnen kann? Ueberall dasselbe Wasser, derselbe Himmel, und man hat nun den Eindruck, überhaupt nicht mehr von der Stelle zu kommen, weil man eben nicht die geringste Veränderung der Scenerie wahrnimmt. Höchstens finden wir, dafs die Meeresfläche von immer längeren, ausgedehnteren Wogenreihen durchzogen wird, immer majestätischer und feierlicher pulst, dass die Wassermassen unter uns eine immer tiefer blaue, ja beinahe schwarze Färbung annehmen; sie machen einen schwereren, gewaltigen Eindruck. Es scheint kaum noch Wasser zu sein, welches das Schiff rastlos hastend durcheilt. Wir erkennen, dass wir Mitte-Ocean erreicht haben, gleich weit entfernt von den beiden Welten, schwimmend auf wogender Fläche.

Wie werden wir in den sicheren Hafen gelangen?

Der treueste Begleiter des Seemanns ist auch hier noch, wie zu Zeiten des Columbus, der Kompafs. Aber wie unendlich hat sich derselbe seitdem vervollkommnet! Man hat die Abweichung der Magnetnadel für alle befahrenen Breiten und Längen der Erde von der genauen Nord-Südrichtung ermittelt. Diese sogenannte „Mifsweisung" beträgt beispielsweise gegenwärtig in Bremen 13° W, in New-York dagegen 7° W, während sie auf unserer Fahrt zwischen Europa und Amerika bis auf 30° W angewachsen war. Ihre jährliche Aenderung wird selbstverständlich gleichfalls berücksichtigt. Ferner wird der Kompafs wegen der magnetischen Einwirkung der Eisentheile und der elektrischen Lichtmaschinen compensirt und endlich auch das Ueberliegen des Schiffs nach rechts oder links, die sogenannte „Krängung", gebührend berücksichtigt.

Da der Einflufs des Erdmagnetismus auf die Lage der magnetischen Pole des Schiffes mit dem Winkel, welche das letztere zum magnetischen Meridian bildet und mit der Gröfse der erdmagnetischen Kraft überhaupt sich ändern mufs, so ist die Berücksichtigung desselben für den Kurs des Schiffes durchaus keine einfache. Es mufs eine sorgfältige Untersuchung des Kompasses, zunächst im Hafen, dann aber auch eine dauernde Kontrolle während der Fahrt durch Peilung der Sonne oder anderer geeigneter Gestirne, deren Lage zum wahren Meridian man jederzeit genau kennt, stattfinden.

Digitized by Google

Mit all diesen Kenntnissen ausgestattet, steuert der Seemann zunächst seinen vorgeschriebenen Kurs weiter und trägt ihn auf seiner Karte als Linie ein. Um den auf dieser Linie wirklich zurückgelegten Weg zu bestimmen, dient einerseits das Log, oder die Zählung der Umdrehungen der Schiffsschraube.

Das Log ist ein Stückchen Holz, das, an eine Leine gebunden, über Bord geworfen wird. Das Brettchen stellt sich senkrecht zur Wasserfläche und bleibt defshalb auf derselben Stelle, auf welche es hinabgeworfen war. Die Länge der Leine, die sich in einer bestimmten Zeit abrollt, während das Schiff weiterfährt, giebt dann offenbar die Geschwindigkeit des letzteren, beispielsweise in einer Minute an, und man kann daraus auf die ganze, bisher zurückgelegte Strecke schliefsen.

Das Loggen ist in dieser Weise jedoch bei den ungemein schnellfahrenden, modernen Dampfern nicht mehr mit genügender Sicherheit auszuführen. Bei diesen zählt die Maschine die ausgeführten Schraubenumdrehungen. Jede Umdrehung bringt das Schiff um ein Bestimmtes weiter. Die ganze Anzahl der Umdrehungen, deren die 20 bis 25 Fufs messenden Flügel der gewaltigen Schraube 70 in der Minute ausführen, giebt demnach den zurückgelegten Weg an. Natürlich mufs dabei der hemmende Einflufs des Seeganges, des Windes und der Strömung, theils nach bestimmten Regeln, theils mehr nach der Empfindung des erfahrenen Seemanns berücksichtigt werden.

Etwas Mifsliches besitzt natürlich diese „Schiffsbesteckrechnung" allemal, und namentlich nach einem tüchtigen Sturme wird man derselben nicht mehr recht trauen, ehe sie nicht durch die unerschütterlich sicheren Weisungen der Sonne und der Sterne controllirt worden ist, was selbstverständlich so oft als irgend möglich geschieht.

Wie dies möglich ist, kann in populärer Weise, ohne Anwendung mathematischer Formen, nur angedeutet werden. Ausführlicheres für Leser, welche der Trigonometrie mächtig sind, findet man in der schon früher erwähnten Abhandlung des Herrn Admiralitätsrath Rottok in diesen Blättern.

Gehen wir von der allbekannten Thatsache aus, dafs in den verschiedenen Gegenden der Erde die Tage sehr verschieden lang sind. Während die Sonne unter dem Aequator Jahr aus Jahr ein um 6 Uhr früh auf- und abends zu derselben Stunde untergeht, kann sie in den Polargegenden Monate lang überhaupt über dem Horizonte bleiben oder gar nicht aufgehen. Dafs hierin eine bestimmte Gesetzlichkeit obwaltet, so dafs man für eine bestimmte geographische Breite die

Digitized by Google

Tageslänge für jeden Tag des Jahres genau vorher ausrechnen kann, begreift man gleichfalls ohne weiteres. Gesetzt also, wir hätten irgendwo Auf- und Untergang der Sonne beobachtet und daraus die Tageslänge bestimmt, so wüfsten wir offenbar auch zugleich, unter welcher Breite wir uns befinden. Dieses Prinzip wird vom Seemann verwendet. Nur wartet er nicht auf den Sonnenauf- und Untergang, sondern er bestimmt durch den Sextanten, ein Winkelmefsinstrument, das er in freier Hand hält, wie hoch sich das Tagesgestirn noch über dem Horizonte befindet, woraus er gewissermafsen auf die Zeit seines Unterganges schliefst.

Dies ist jedoch offenbar nur möglich, wenn er zweimal zu verschiedenen Zeiten die sich verändernde Höhe der Sonne mifst. Denn da bekanntlich die Kreise, welche die Sonne scheinbar um den Himmel beschreibt, sehr verschieden gegen den Horizont geneigt sind, so kann in verschiedenen Breiten die Sonne sehr verschiedene Zeiträume gebrauchen, um von einer bestimmten Höhe bis zum Horizonte herab zu sinken. Hat man aber zwei verschiedene Höhen gemessen und kann zugleich das Zeitintervall angeben, welches zwischen den beiden Messungen liegt, so begreift man wohl, dafs es eine Methode giebt, durch welche man aus der beobachteten Höhenveränderung entweder auf die Zeit des Unterganges, oder die des höchsten Standes der Sonne, d. h. auf den Ortsmittag schliefsen kann. Diese beiden Höhenmessungen geben also auch vereint beide gewünschten geographischen Coordinaten, die Breite und die Länge. Die ermittelte Tageslänge liefs die Breite finden. Der Schiffschronometer zeigt nun stets die Zeit von Greenwich an. Der Zeitunterschied aber zwischen dem aus den beiden Sonnenhöhen errechneten Schiffsmittag ist gleich dem Unterschiede der geographischen Längen jener Sternwarte und des augenblicklichen Schiffsortes. Für den Seemann tritt hier noch die Schwierigkeit hinzu, dafs zwischen Breiten- und Längenbestimmung, d. h. zwischen den beiden Sonnenhöhenmessungen, oft mehrere Stunden Zeit vergehen, während welcher das Schiff seinen Ort verändert. Der Weg des Schiffes, durch die mechanischen Methoden mit Kompafs und Geschwindigkeitsmessung bestimmt, mufs dann gleichfalls in Rechnung gezogen werden.

Der Chronometer, dessen Angaben gewissermafsen das Fundament bilden, auf welchem alle Schlüsse des Seemanns über den Ort seines Schiffes und also die ganze Sicherheit desselben aufgebaut sind, wird defshalb von ihm gehütet wie sein Augapfel. Eine besondere Art der Aufhängung schützt ihn vor den Stöfsen des Schiffes, ein doppelter, fest beschlagener Kasten vor der Einwirkung der feuchten Luft. Es

Digitized by Google

ist auch das erste Stück, welches nach glücklicher Ankunft ans Land kommt, um unausgesetzt der genauesten Prüfung unterworfen zu werden.

Wir sind inzwischen an den Neufundlandbänken vorüber geeilt. Allein schon die empfindlich kühler werdende Temperatur, die hier zu herrschen pflegt, hätte uns dies verrathen können.

Unser Führer durch die Wasserwüste hat natürlich sicherere Anzeichen, an denen er diese weit ausgedehnten Versandungen des Meeresbodens erkennt, die der mächtige Ausflufs der grofsen Seen des nordamerikanischen Festlandes, der St. Lorenzstrom, hier gebildet hat. All das Felsgeklüft und das Erdreich, welches der Niagarafall vielleicht seit Jahrhunderttausenden unter seinen brausenden Fluthen zermalmte, liegt hier am Grunde des Meeres, eine neue geologische Formation bildend. Der Seemann erkennt ihre Annäherung zunächst an der rapiden Abnahme der Meerestiefe, welche er namentlich jetzt, gegen Ende der Fahrt, besonders häufig durch das Loth bestimmt, dann aber auch an der besonderen Art des Erdreichs, welches das Loth mit heraufbringt.

Das Lothen ist überhaupt eine sehr wichtige Art der Orientirung des Seemannes geworden. Die Meerestiefen auf allen vielbefahrenen Linien sind heute fast ebenso gut bekannt, wie etwa die Höhen der Bergspitzen auf dem civilisirten Lande, und so wie wir diese letzteren benutzen, um uns zu orientiren, so findet der Seemann seinen Weg, indem er sein geistiges Auge hinabsenkt in die Tiefen dieses umgekehrten Gebirges unter dem Meeresspiegel. Ebenso, wie zu Lande verschiedenes Erdreich die charakteristische Verschiedenheit der Landschaften ausmacht, zeigt auch der Meeresboden so wesentliche Unterschiede seiner Zusammensetzung, dafs dies gleichfalls ein Merkmal für den Ort des Schiffes werden kann, wenn eben das launische Wetter die sicherste Art der Orientirung, die an der Sonne und den übrigen Gestirnen, für längere Zeit unmöglich gemacht hatte.

Wir sind inzwischen an den ersten Anzeichen des amerikanischen Landes bereits vorüber gefahren. Zur Rechten der Fahrtrichtung erschienen schon gestern niedrige Landstreifen über dem Wasser. Das war die Insel Long-Island, und das erste Leuchtfeuer, das von Navesinsk, winkte uns vom Festland herüber. Für den Seemann bedeutet das, festen Fufs gefafst zu haben; seine schwer verantwortliche Aufgabe ist erfüllt. Auch unsere Betrachtungen mögen damit an dieser Stelle abbrechen. —

Digitized by Google

Vergrößerung des Erdschattens bei Mondfinsternissen.

Bekanntlich erscheint bei Mondfinsternissen der Kernschatten der Erde, welcher bei diesen Himmelserscheinungen über den Mond wegzieht, um etwas größer, als er der Rechnung nach sein sollte. Man hat deshalb bei den Berechnungen der Finsternisse schon seit langem eine Korrektion für diese Vergrößerung eingeführt. Für diesen „Vergrösserungs-Coëfficienten“ sind von Tobias Mayer, Cassini, Lambert, Mädler u. A. sehr von einander abweichende Zahlen angegeben worden, und es ist ein verdienstliches Unternehmen gewesen, dafs vor einigen Jahren die Herren Brosinsky und Hartmann den Versuch gemacht haben, den Betrag der Vergrößerung aus einer Reihe beobachteter Mondfinsternisse abzuleiten. Die Resultate, welche aus den einzelnen Finsternissen gezogen werden konnten, differiren indessen beträchtlich von einander, so dafs es den Anschein hat, als existire bei jeder Finsternifs eine besondere Vergrößerung des Erdschattens. Beide Astronomen (die übrigens ihre Arbeiten vollkommen unabhängig von einander und mit verschiedenem Beobachtungsmaterial durchgeführt haben) neigen deshalb zu der auch schon von anderen betonten Ansicht, dafs die Ursache in unserer Erdatmosphäre liege und diese den Erdschatten gröfser auf dem Monde erscheinen lasse, indem entweder jeweilige meteorologische Bedingungen oder eine besondere äufsere Form des Luftmeeres dabei mit in Wirkung treten. In einem Referate über die beiden erwähnten Arbeiten nimmt nun Professor Seeliger den Anlafs, zu zeigen, dafs von einem Einflusse unserer Atmosphäre bei dem Gegenstande gar keine Rede sein könne, und dafs sich etwa so weit gehende Hoffnungen, wie aus Beobachtungen des Erdschattens zu Schlüssen über die Form der oberen Luftschichten der Erde gelangen zu können, nicht erfüllen würden. Er beweist durch eine mathematische Untersuchung, dafs eine Vergrößerung des Radius des Kernschattens nicht erfolgt, auch wenn die Erdatmosphäre nicht vorhanden wäre. Der Grund ist im Gegentheil ein physiologischer und liegt, wie auch aus

Digitized by Google

einigen Experimenten mit Lichtquellen und kreisförmigen Schirmen, die von Prof. Seeliger vorgenommen worden sind, hervorgeht, vielmehr darin, dafs das Auge die geometrische Grenze des Kernschattens überhaupt nicht wahrnehmen kann. Jeder Beobachter ist geneigt, diese Grenze um etwas in den Halbschatten hinein zu verlegen. Nachdem er dies auch bei der Beobachtung der Mondfinsternifs thut, wo die Zeit angegeben werden soll, bei welcher einzelne Mondkrater vom Kernschatten berührt werden, mufs die halbe Durchgangszeit der Krater durch den Schatten zu grofs, mithin auch der Radius des Schattendurchschnittes gröfser als nach der Rechnung gefunden werden.

Zwei Riesenfernröhre.

Wie auf S. 44 erwähnt wurde, beobachtete Herr Pickering, der Sohn des verdienstvollen Leiters der Harvard-Sternwarte, im vorigen Jahre längere Zeit in einer auf der peruanischen Hochebene gelegenen Sternwarte, und er hat dort meteorologische Bedingungen vorgefunden, die diese Gegend als ein wahres Paradies der Astronomen erscheinen lassen. Einen grofsen Theil des Jahres hindurch ist der Himmel fast wolkenlos. Man hatte einen dreizehnzölligen Refraktor dort aufgestellt, welcher eine merkwürdige Klarheit der Luft anzeigte, und zwar Nacht für Nacht, wie sie anderswo nur sehr selten vorkommt. Doppelsterne, deren Komponenten viel weniger als eine Bogensekunde von einander entfernt sind, wurden sofort getrennt, und beständig kann man Vergröfserungen anwenden, die sich wo anders von selbst ausschliefsen. Bei vielen Untersuchungen ist der Erfolg hier oben so grofs, als wenn man in der Ebene die Oeffnung des Instruments verdoppelte. Pickering richtet sich nun an das gerade in seiner Heimath von Privatleuten oft schon bewiesene Interesse für die Himmelskunde und hofft, dafs die Sternwarte von Arequipa durch eine reiche Schenkung mit einem Riesenfernrohr wird ausgestattet werden können. Dieses würde dann gegen alle bisherigen in seiner Aufstellung gewaltige Vorzüge bieten. Denn die meisten grofsen Fernröhre sind in der Nähe der Hauptstädte oder grofser Universitätsstädte errichtet worden ohne Rücksicht auf die Gunst oder Ungunst der klimatischen Verhältnisse. Nun eignet sich gerade das Klima, welches die Gröfse eines Landes oder einer Stadt mit bedingt, oft am wenigsten für die Arbeit der Himmels-

Digitized by Google

forscher: so sind gerade Westeuropa und die östlichen Vereinigten Staaten, die Striche, in denen die gröfsten Sternwarten liegen, klimatisch unzureichend. Um einen viel gröfseren Fortschritt in der Himmelskunde zu garantiren, wird man zur Aufstellung eines neuen grofsen Fernrohrs eine ganz andere Gegend auswählen müssen. Das Arequipa-Observatorium hat den grofsen Vortheil, nur 16 Grade südlich vom Aequator zu liegen, wo alle südlichen Sterne sichtbar sind. Während die allermeisten grofsen Fernrohre jetzt nördlich vom 35. nördlichen Parallelkreise sich auf etwa einem Fünftel der Erdoberfläche zusammengestellt finden, gehört keines von den 17 gröfsten und nur eines von den 53 gröfseren der südlichen Halbkugel an, ja von den 74 Fernrohren von 10 Zoll aufwärts sind nur vier südlich vom 35. nördlichen Parallelkreis zu finden. So kommt es, dafs ungefähr ein Viertel des Himmels überhaupt nicht im Beobachtungsgebiete grofser Fernrohre liegt. Die Magellanschen Wolken, die grofsen Sternhaufen im Centauren, Tukan und Schwertfisch, der veränderliche Stern η Argus und die dichten Theile der Milchstrafse im Skorpion, der Argo und dem Kreuz liegen innerhalb des vernachlässigten Gebietes. Dazu kommt, dafs der Planet Mars bei seiner Erdnähe immer weit im Süden sich befindet, so dafs seine Oberfläche gerade hier besonders leicht wird studirt werden können.

Man sieht, es ist hier der Ort, wo ein grofses Fernrohr sich zu guten Diensten geeignet erweisen wird — man mag es direkt oder für photographische Zwecke benutzen. Für 200 000 Dollar hofft Pickering, der Arequipa-Sternwarte einen Vierzigzöller bester Qualität von der Firma Alwin Clark und Söhne in Boston beschaffen zu können. Hoffen wir, dafs diese Summe bald zusammen sein wird, um die gewaltigen Aufgaben, die des projektirten Riesenfernrohrs harren, nicht zu lange aufser Angriff zu lassen. In Pickerings Händen stellt es beim günstigsten Klima der Welt Ergebnisse von solcher Wichtigkeit in Aussicht, wie kein anderes.

Soll dieses Fernrohr ein Refraktor sein, so ist für die im Jahre 1900 in Paris stattfindende Ausstellung ein Riesenspiegel von versilbertem Glas projektirt, der nicht weniger als zehn Fufs Durchmesser haben soll, mehr als doppelt soviel wie Commons zur Zeit gröfstes derartiges Instrument. Ebenso ist die Brennweite von 140 Fufs beispiellos; aber mit den Hilfsmitteln der modernen Technik wird es hoffentlich gelingen, der gewaltigen Schwierigkeiten, welche die Herstellung und die Montirung eines solchen Kolosses darbieten, Herr zu werden, und wer immer um die Wende des Jahrhunderts

Digitized by Google

der Technik in Paris weilen wird, dem wird auch ein Blick durch diesen dann gewaltigsten astronomischen Apparat gestattet sein. Dieses Rohr soll in der That nicht in erster Linie wissenschaftlicher Forschung, sondern zunächst der Belehrung des Publikums dienen.

Sm.

Vom Elmsfeuer. Während man bis vor wenigen Jahren noch die elektrischen Entladungen, welche in der Atmosphäre in Gestalt des Elmsfeuers auftreten, für selten hielt, haben jetzt die Beobachtungen der Sonnblickwarte ihr häufiges Vorkommen erwiesen. Wir haben bereits (Himmel und Erde Bd. IV. S. 274) auf die günstige Lage hingewiesen, welche das genannte Observatorium für diese Art von Beobachtungen besitzt und haben angezeigt, dafs der dortige Beobachter Peter Lechner im Auftrage von Elster und Geitel in Wolfenbüttel, dieselben systematisch aufzeichnet. Dabei ist es seine Sorge, das Zeichen des Elmsfeuers von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Minuten mit Hülfe eines Bohnenbergerschen Elektroskops festzustellen, die Stärke des Phänomens abzuschätzen und endlich die Begleiterscheinungen, als Schneefall, Blitze, Windrichtung und -stärke zu notiren. Lechner hat in den letzten zwei Jahren ein zahlreiches Material zusammengetragen, das sich auf 35 Tage vertheilt und 670 Einzelbeobachtungen umfafst. Dieses Material haben Elster und Geitel zu ähnlichen Diagrammen, wie Fig. 6 a. a. O. zusammengestellt, und sie sind dadurch zu übersichtlichen Betrachtungen über diese Erscheinung gelangt, die Interesse genug besitzen. Dies sind die Ergebnisse: Elmsfeuer werden nicht blos als ständige Begleiter von Gewittern beobachtet, sondern auch selbständig, selbst im Winter nicht selten, wahrgenommen. Immer sind sie an das Erscheinen von Niederschlägen gebunden und finden meist gleichzeitig mit diesen, manchmal auch vor oder nach denselben, nie aber bei heiterem Himmel statt. Meist wechselt die ausströmende Elektrizität während des Elmsfeuers ihr Zeichen, besonders bei Gewittern. Im Winter ist negatives Elmsfeuer viel häufiger als positives und zeigt sich dabei an das Erscheinen von Staubschnee gebunden, während der grofsflockige Schnee, der im Sommer überwiegt, fast nur positives Elmsfeuer in seiner Begleitung hat. Windrichtung und -stärke beeinflussen die Erscheinung nicht. Der a. a. O. bereits angedeutete Zusammenhang mit der Farbe der Blitze, wonach bei negativem Elmsfeuer diese bläulich, bei

Digitized by Google

positivem röthlich erscheinen, und die dort ausgesprochene Vermuthung, dafs die Blitze röthlich erscheinen, wenn die Erde den positiven, bläulich, wenn sie den negativen Pol der elektrischen Entladung bildet, wurde von Elster und Geitel experimentell begründet. Sie mufsten dazu die beiden Pole, den Fels, der einen besseren Leiter von Spitzenform darstellt, und die Wolkenschicht, die nicht leitend zusammenhängt und ausgedehnter ist, durch eine Metallspitze und eine Wasseroberfläche nachahmen, zwischen denen die Funken eines Ruhmkorff übersprangen. War die Spitze der positive Pol, so waren die Funken röthlich gefärbt, stark verzweigt und von einem schwachen Prasseln begleitet, im andern Falle waren sie bläulichweifs, fast geradlinig und laut schallend. Will man die Häufigkeit des Elmsfeuers gerade auf Bergeshöhen erklären, so wird man neben der gröfseren Dichtigkeit der Elektrizität als mögliche Ursache an die verminderte Dichtigkeit der Luft dort oben zu denken haben, die in Sonnblickhöhe nur noch zwei Drittel von der hier unten herrschenden beträgt. Dafs die Entladungen in verdünnter Luft leichter vor sich gehen, das zeigen schon die Erscheinungen der Geifslerschen Röhren an. Elster und Geitel aber konnten beim allmählichen Verdünnen der Luft in einem Glasrezipienten das deutliche Anwachsen des positiven Büschellichtes bereits bei einem Grade der Verdünnung erkennen, welcher dem durchschnittlichen Barometerstande (von 520 mm) auf der Sonnblickspitze entsprach. Sm.

Ueber Wasserfallelektrizität. Durch frühere Untersuchungen ist festgestellt, dafs die Zerstäubung des Wassers in Sturzbächen eine reichlich fliefsende Elektrizitätsquelle ist. Stets wird dabei, wie Hoppe am Lauterbrunner Staubbach, Elster und Geitel an den Wasserfällen am Fufse des Sonnblick beobachteten[1]), und auch Exner am Lido von Venedig und am Strande von Ceylon bei hohem Wellengange nachweisen konnte, die Luft mit negativer Elektrizität geschwängert, deren Spannung bei Annäherung an den Wasserfall natürlich bedeutend wächst. Die Ursache dieser Erscheinung ward bisher in der elektrischen Vertheilung gesucht, durch welche die negativ geladene Erdoberfläche in den umherspritzenden Wassertheilchen eine hohe negative Spannung erregt, während die normale positive Luftelektrizität durch die fallenden grofsen Tropfen dem Erdboden zugeführt wird. Sollte diese Ansicht

[1]) H. u. E. Bd. IV S. 257.

Digitized by Google

richtig sein, so mufste an Wasserstürzen, die nicht in dem elektrischen Felde der Erde lagen, mangels der Ursache auch die Wirkung fortbleiben. Erfahrungsgemäfs liegen bereits Hohlwege von 7 m Tiefe aufserhalb des elektrischen Feldes der Erde. An Wasserfällen in ebenso tiefen oder noch tieferen Schluchten hätten also keine negativen Spannungen wahrgenommen werden dürfen. Nun ist aber von Lenard bei Gelegenheit einer Alpenreise an dergleichen Fällen die Erscheinung auch beobachtet worden. Mit Hülfe eines Exnerschen Elektroskopes, mit dem eine kleine Petroleumflamme als Kollektor verbunden war, stieg die beobachtetete negative Spannung in der Nähe wasserreicher, tosender Flüsse so hoch, dafs das Elektroskop zur Messung nicht ausreichte; aber selbst an schwach geneigten plätschernden Bächen war das Phänomen noch erkennbar. Elster und Geitel hatten dieselbe Erscheinung im Sommer 1891 in der Kitzlochklamm bei Rauris wahrgenommen, und sie hatten ihre Zweifel an der Richtigkeit der älteren Erklärung damit bekämpft, dafs dieser Wasserlauf in seinem oberen Theile noch der Einwirkung der Erdelektrizität ausgesetzt ist, und die Weiterführung der elektrischen Massen beim Weitersturze des Wassers nicht ausgeschlossen war. Aber in diesem Jahre haben sie das Elektroskop an die vollständig unterirdisch fliefsenden Wasserläufe, welche die Fälle der Reka in den Höhlen von St. Canzian bei Triest darstellen, getragen und ihre Resultate sind gegen die ältere Ansicht entscheidend. Vor dem Eingange zu den Höhlen ergab sich nämlich an dem Oblasserfalle das Vorhandensein negativer Elektrizität, die aber nicht durch irgend welche Strömungen weiter getragen wurde, so dafs im Svettinadom, wo das Wasser ruhig dahinfliefst, keine Spannung auffindbar war; dagegen zeigte sich der stark spritzende sechste Wasserfall, der 200 m vom Eingange entfernt liegt, als neue Quelle hochgespannter negativer Elektrizität, während der achte, viel weniger bewegte Fall weit geringere Spannungen hervorbrachte. Hieraus folgt nun — was Lenard bereits erschlossen hatte[2]) — dafs das Abreifsen von Wasser oder das Wiederauffallen der Tropfen die Ursache dieser elektrischen Erregung sein, und diese ganz unabhängig von einer etwa vorhandenen Elektrizität der Umgebung sein müsse. In der That hat Lenard durch eine Reihe von Laboratoriumsversuchen es schlagend bewiesen, dafs der Fall von Wassertropfen auf Wasserflächen oder von Wasser benetzte Gegenstände eine Quelle negativer Elektrizität für die verspritzenden Theilchen ist, und zwar

[2]) Vergl. das Referat von Börnstein in Met. Zeitschr. Okt. 1892.

Digitized by Google

eine um so kräftiger fliefsende, je heftiger das Auffallen der Theilchen und demnach ihr Zerstieben ist. Auch das Verspritzen der zur nassen Erdoberfläche gelangenden Regentropfen mufs demnach der Luft negative Elektrizität zuführen, und zwar nach einer von Lenard angestellten Rechnung eine so ungeheure Menge, dafs die bei Niederschlägen stattfindende Umkehr des Zeichens der Luftelektrizität hierdurch erklärt werden kann. Ueberhaupt sind diese neuen Beobachtungen im stande, die Ansichten über die anomale Luftelektrizität — wie sie bei bedecktem Himmel, bei Niederschlägen und Gewittern beobachtet wird — vielfach abzuändern. Ihre Erklärung findet die neue Beobachtung, wenn man annimmt, dafs bei der Berührung von Flüssigkeiten und Gasen — wie Wasser und Luft — eine Spannung zwischen beiden entsteht. Die äufserste Wasserschicht wird positiv, die angegrenzte Luftschicht negativ geladen sein. Ein auffallender Wassertropfen wird bei langsamem Fallen vielleicht nur die beiden Elektrizitäten zum Ausgleiche bringen, bei heftigerem dagegen die Luft aus seiner Nachbarschaft so schnell bei Seite drängen, dafs die negative Elektrizität weit fortgedrängt wird, und die neue Oberfläche des Wassers wird der Ort einer neuen Kontaktwirkung sein. Sm.

Digitized by Google

Dr. Richard Lepsius, Geologie von Deutschland und den angrenzenden Gebieten. Band I: Das westliche und südliche Deutschland. Stuttgart, Verlag von J. Engelhorn. 1887—1892.

Das Werk entsprang dem Bedürfnifs, dem Fachgeologen einen zusammenfassenden Ueberblick, dem Freunde der Geologie einen ausführlichen und doch möglichst kurzen Leitfaden der Geologie Deutschlands zu schaffen. Denn seitdem durch Abraham Gottlob Werner eine selbständige geologische Wissenschaft begründet worden, seitdem man erkannte, eine wie hohe Bedeutung die wissenschaftliche Bodenuntersuchung für die Praxis des menschlichen Lebens besitzt, besonders für den Bergbau, den Strafsen- und Wasserbau und für die Landwirthschaft, seit dieser Zeit, also seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts, erschien eine schier unendliche Zahl wissenschaftlicher Arbeiten über gröfsere und kleinere Gebiete Deutschlands, theils in selbständigen Werken, theils in fachwissenschaftlichen Zeitschriften. Dieser Reichthum der Litteratur machte es nun dem Freunde der Geologie fast unmöglich, auch dem Fachgeologen zuweilen sehr schwer, einen Gesamtüberblick über die geologischen Verhältnisse eines gröfseren Gebietes zu gewinnen. Um diesem Mangel abzuhelfen, unternahm es der Direktor der geologischen Landesanstalt zu Darmstadt, Prof. Dr. R. Lepsius, in möglichster Kürze das zusammenzustellen, was von der Bodenkunde Deutschlands das Wissenswertheste ist. Der erste Theil seines Werkes, welches gleichzeitig den ersten Band der von der Centralkommission für wissenschaftliche Landeskunde von Deutschland herausgegebenen Handbücher zur deutschen Landes- und Volkskunde bildet, ist nunmehr vollständig erschienen. In demselben behandelt der Verfasser die geologischen Verhältnisse des westlichen und südlichen Deutschlands, im wesentlichen also das ober- und niederrheinische Gebirgssystem. Man kann wohl sagen, für diesen Theil der Geologie Deutschlands konnte kein besserer Bearbeiter gefunden werden als Lepsius; denn einerseits sind durch die geologische Landesanstalt zu Darmstadt, deren Direktor er ist, die eingehendsten Untersuchungen in den betreffenden Gebieten angestellt worden, andererseits kennt der Verfasser die bezüglichen Verhältnisse selbst aus zwanzigjährigen Studien. Infolge dessen entspricht der erste Band vollkommen den Ansprüchen, welche ein Geologe von Fach an eine wissenschaftliche Uebersicht der Geologie Deutschlands stellen kann. Aber auch jeder Laie wird aus demselben Nutzen ziehen, der sich nur einigermafsen für diese Verhältnisse interessirt. Zwar dürfte der Letztere an den langen Aufzählungen der in den einzelnen Formationen vorkommenden Fossilien wenig Anziehendes finden; aber es mag gleich hinzugefügt werden, dafs der Verfasser sich hierin auf das beschränkt hat, was zur Charakterisirung der einzelnen Schichten unbedingt nothwendig ist. Aber abgesehen hiervon, enthält das Werk des

Digitized by Google

Anziehenden soviel, dafs es jeder Laie, auch wenn er sich nicht für die Versteinerungskunde erwärmen kann, doch nicht ohne Befriedigung lesen wird. Durch eine grofse Anzahl farbiger und schwarzer Profile werden die bedeutendsten Erscheinungen in dem Aufbau der Erdrinde erläutert, soweit sie das Rheingebiet betreffen; es geht aus vielen derselben die oft auf das äufserste komplizirte Lagerung der Schichten hervor, so dafs sich jeder der Schwierigkeiten bewufst wird, welche diese dem Bergbau auferlegt. In klarer, übersichtlicher Weise werden die gesamten Erscheinungen des Gebirgsbaues, des Vulkanismus, der Erdbeben und der erodirenden Thätigkeit des Wassers dargestellt. Zwar werden nicht die Ursachen der Gebirgsbildung und der mit ihr eng verknüpften Erscheinungen, des Vulkanismus und der Erdbeben, ausführlich behandelt; aber das würde auch über den Rahmen einer Geologie Deutschlands weit hinausgehen. Bei der Bearbeitung des umfassenden Materials ging der Verfasser von dem Gedanken aus, dafs er erst das zu untersuchende Gebiet genauer bestimmen müsse. Die Eintheilung ist demnach die folgende: zuerst erhält der Leser eine orographische Uebersicht des betreffenden Gebietes, dann folgt eine Beschreibung der in demselben vorkommenden Schichtsysteme vom ältesten bis zum jüngsten, und schliefslich werden die gleichsam als Fremdlinge auftretenden Eruptivgesteine behandelt; innerhalb der einzelnen Formationen werden dann wiederum geographische Scheidungen vorgenommen, beispielsweise wie folgt: Oberkarbon: a) in Belgien und Nordfrankreich, b) die Aachener Kohlenreviere, c) das Steinkohlengebirge an der Ruhr, d) die Steinkohlen an der Saar und Nahe. Bei der Besprechung der jüngsten Ablagerungen wird noch besonders der zahlreichen Flufsbettverlegungen gedacht, die durch mehrere Kartenskizzen und Profile dargestellt werden. Ausführlicher auf den reichhaltigen, des Interessanten so viel bietenden Inhalt einzugehen, gestattet der Raum eines Referates nicht. Mancher Leser wird vielleicht durch das Werk zu eingehenderen Studien angeregt werden. Auch für ihn ist gesorgt. In zahlreichen Anmerkungen giebt der Verfasser einen ausführlichen Ueberblick über die wichtigsten, die Geologie des Rheingebietes behandelnden Schriften. ms.

Die Scenerie der Alpen, von Dr. Eberhard Fraas. Mit über 120 Abbildungen im Text und auf eingehefteten Tafeln sowie einer Uebersichtskarte der Alpen. Leipzig, 1892. F. O. Weigel Nachfolger (Chr. Herm. Tauchnitz). Preis geheftet 10,00 Mk., elegant gebunden 12,00 Mk.

Wer nicht als Bergfex seine Befriedigung in dem waghalsigen Erklimmen der höchsten Alpengipfel findet, wer ferner nicht im geistigen Phlegma die ihm von Bädeker vorgeschriebene Reiseroute abmacht, sondern neben Aussichten auch Einsichten zu erlangen sucht, den wird die Grofsartigkeit der Alpenwelt mit überwältigender Kraft ergreifen und zur Naturbetrachtung hinleiten. Indefs wie der Genufs eines Gemäldes durch das Verständnifs bedingt wird, so ist es auch mit den vielen tausenden von Landschaftsgemälden, welche die grofse Gebirgswelt der Alpen uns zur Entzifferung vorlegt; sollen dieselben empfunden und im Geiste fixirt werden, so bedarf es hierzu eines gewissen Mafses von Einsicht in Komposition und Technik. Fehlt dieses Mafs naturwissenschaftlicher Bildung, so wird bei den meisten Alpenfreunden ein Gefühl des Unbefriedigtseins zurückbleiben, sie werden beim Verlassen der Berge gewöhnlich nur die Ansicht mitnehmen, dafs sie hier vor einer Fülle ungelöster und nicht löslicher Räthsel der Natur stehen. Dieser Kreis von Alpenreisenden ist es, welchen Fraas mit dem vorliegenden Werke einen Leitfaden in die Hand geben will, damit sie eine kurze gedrungene Uebersicht über die bis

Digitized by Google

jetzt gemachten Erfahrungen und Beobachtungen bekommen und so einen Anschlufs für eigene Untersuchungen finden möchten.

Da das Werk in erster Linie für den Alpenfreund, nicht für den Fachkundigen, bestimmt ist, so mufsten der speziellen Alpengeologie natürlich diejenigen Kapitel der dynamischen Geologie vorausgeschickt werden, welche die Faltungstheorie zum Gegenstande haben und die verschiedenen tektonischen Schichtenstörungen behandeln, die dem Beobachter in dem Alpensysteme auf Schritt und Tritt entgegentreten. Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit dem Verhalten der Gesteine unter der Einwirkung der gebirgsbildenden Kräfte, mit der Plastizität und Streckung, der Schichtung und Schieferung und der mechanischen Umwandlung der Struktur durch Druck. Der weitaus gröfste Theil des Buches behandelt die spezielle Alpengeologie, die hier nach Mafsgabe der einzelnen Formationsgruppen vorgeführt wird. Hierin zugleich entrollt der Verfasser ein Bild der Alpenscenerien von dem Dunkel der Urwelt an bis in die letzte geologische Periode.

Möge das Werk dazu beitragen, die wunderbare Natur des schönsten aller Gebirge klarer zu stellen und jedem, der auch nur flüchtig das Alpenland kennt, dasselbe näher zu bringen und heimischer zu machen.

Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde. Skizzen aus der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten von Dr. Hippolyt Haas, Prof. a. d. Hochschule zu Kiel. I. Bd. Mit 55 Abbildungen im Text. Berlin, Verlag des Vereins für Bücherfreunde. 1892.

Das Werkchen enthält eine Reihe geologischer Bilder in ansprechender und unterhaltender Form für das gröfsere Publikum geschildert. Zunächst lernt der Leser die Ansichten über die Entstehung des Weltalls und den Zustand des Erdinnern kennen und im Anschlufs hieran die plutonischen Kräfte. Die Feuerberge Europas und ihre geschichtlich bemerkenswerthen Paroxismen sind ausführlich beschrieben. Im zweiten Abschnitt wird das Baumaterial unserer Erde und die Kräfte, welche dasselbe bilden und wieder zerstören, und endlich die Wirksamkeit des Wassers als geologischer Arbeiter geschildert. Die Illustrationsbeilagen, die zahlreich den Text begleiten, sind meistens nach neueren Originalphotographien hergestellt.

Webers illustrirte Katechismen. Katechismus der Geologie, von Dr. Hippolyt Haas, Prof. a. d. Universität Kiel. Fünfte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 149 in den Text gedruckten Abbildungen, einer Tafel und einer Tabelle. Leipzig. Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber. 1893. Preis 3,00 Mk.

In der vorliegenden fünften Auflage des „Katechismus der Geologie", bei dessen Bearbeitung Credners treffliches Werk: „Die Elemente der Geologie" zum Vorbilde gedient haben, sind in erster Linie die paläozoischen Systeme einer Neugestaltung unterzogen worden. Man wird dem kleinen, inhaltsreichen Buche das gleiche Wohlwollen entgegenbringen, mit dem die früheren Auflagen entgegengenommen worden sind.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Ueber den Diamant.

Von Dr. W. Luzi in Leipzig.

Das kostbare Produkt des Mineralreiches, der Diamant, wird zu verschiedenen Zwecken benutzt. Abgesehen von seiner Verwendung als Edelstein findet er zum Glasschneiden, zum Besetzen von Gesteinsbohrern und Steinschneidescheiben, zum Abdrehen von harten Metallgegenständen und dergl. Anwendung. Vor allem in der Gesteinsbohrtechnik ist er jetzt ein unschätzbares Material; die gröfsten Tunnels in den härtesten Felsarten werden mit Diamanten gebohrt. Es würde dieses Mineral infolge seiner Eigenschaft, der härteste aller Körper zu sein, in der Technik noch eine weit ausgedehntere Anwendung finden, wenn dem nicht der zu hohe Preis des Diamanten entgegenstände. Die Kostbarkeit liegt darin begründet, dafs er auf unserer Erde nur an sehr wenigen Stellen und auch da nur in relativ geringen Mengen vorkommt, und dafs er künstlich nur mit beträchtlichen Schwierigkeiten in mikroskopisch kleinen Körnchen hergestellt werden kann. Ohne Zweifel würde die Technik von der fabrikmäfsigen Herstellung des Diamanten einen kolossalen Nutzen haben, manche Gebiete dürften dadurch einen neuen Aufschwung nehmen. Aber nicht nur aus praktischen, sondern vor allem aus wissenschaftlichen Gründen ist das Bestreben, den Diamanten darzustellen, gerechtfertigt. Dafs dieser Körper reiner Kohlenstoff ist, das ist vielfach bewiesen — aber wir stehen hier vor der in der Chemie nicht häufigen Thatsache, dafs die Analyse einer Substanz noch nicht in befriedigender und genügender Weise durch deren künstliche Herstellung ergänzt werden konnte. Und das ist etwas, was immer zum Forschen reizt. Weifs man, woraus ein in der Natur entstandener Körper besteht, so ist es eine wissenschaftliche Pflicht, zu versuchen, ob er sich

Digitized by Google

auch im Laboratorium, unter bekannten Bedingungen, hervorbringen läfst. Wir wissen, dafs der Diamant aus Kohlenstoff besteht; dieses Element tritt noch in mehreren Modifikationen auf, und nun handelt es sich um die Frage, ob sich dieselben auf irgend welchen Wegen oder Umwegen in die Diamantmodifikation umwandeln lassen. Ein solcher Weg ist nun ganz neuerdings gefunden worden. Wenn auch die auf demselben erzeugten Diamanten fast ausschliefslich schwarz und von einer solchen winzigen Kleinheit sind, dafs an Verwendung derselben — wenigstens vorläufig — nicht zu denken ist, so zeigt uns diese Darstellung doch eine Möglichkeit der Umwandlung von gewöhnlichem Kohlenstoff in Diamantkohlenstoff. Da es nun aber fraglich ist, ob die natürlichen irdischen, grofsen, farblosen Diamanten auf eine dieser aufgefundenen künstlichen Herstellungsmethode analogen Weise entstanden sind, so ist diese ganze Frage noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Nach wie vor ist die Herstellung verwendbarer, d. h. gröfserer und auch farbloser Diamanten, sowie die Aufklärung der Entstehungsweise derselben auf unserer Erde, das zu erstrebende Ziel. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs man an Versuche, den Diamant in verwerthbarer Beschaffenheit, also in der Beschaffenheit, wie er sich auf den natürlichen Fundstätten findet, herzustellen, nur dann mit einiger Aussicht auf Erfolg gehen kann, wenn die Eigenschaften dieses Körpers und sein Verhalten den verschiedensten Einflüssen gegenüber möglichst genau bekannt sind. Zahlreiche vergebliche Experimente vieler Forscher haben dies bewiesen. Durch blofses Probiren mit der Hoffnung auf einen günstigen Zufall wird man hier sicherlich nicht weiter kommen. Ein Haupthindernifs für Versuche, Diamant hervorzubringen, liegt eben darin, dafs wir uns noch in Unkenntnifs über seine natürliche Bildungsweise befinden. Wäre diese aufgeklärt, wäre dies Geheimnifs der Natur abgelauscht, so würde man mit viel mehr Hoffnung an Laboratoriumsversuche herantreten können.

Ueber die Eigenschaften und das Verhalten des Diamanten verschiedenen Agentien gegenüber besitzen wir, dank den im Laufe der Zeit angestellten mannigfaltigen Untersuchungen, beträchtliche Kenntnisse.

Im nachstehenden Aufsatze sollen nun die wichtigsten und interessantesten Resultate der Forschung über das Verhalten, die Eigenschaften und das Vorkommen des Diamanten, sowie die Schlüsse, die man daraus bezüglich seiner Entstehung gezogen hat, erörtert werden. Das meiste dürfte denen, die sich nicht gerade speziell mit der Kohlenstoff-

Digitized by Google

litteratur beschäftigt haben, unbekannt sein. Man wird ersehen, dafs man von einer Lösung der Frage, wie ist der Diamant in der Natur entstanden, noch entfernt ist. Dementsprechend sind auch die ausgesprochenen Hypothesen über seine Bildung recht verschiedenartig.

Zur Orientirung mag noch kurz vorausgeschickt werden, dafs der Diamant, wie mit aller Sicherheit festgestellt ist, eine, und zwar in der tetraëdrisch-hemiëdrischen Abtheilung des regulären Systems krystallisirende Zustandsform des Elementes Kohlenstoff ist. Dieses Element tritt noch in mehreren anderen Modifikationen, die als „gewöhnlicher amorpher Kohlenstoff", als „Graphit" und als „Graphitit" unterschieden werden, auf. Eine Charakteristik der letztgenannten Zustandsformen des Kohlenstoffes, welche neben dem Diamant existiren, kann hier nicht gegeben werden; bemerkt sei nur noch, dafs der Graphitit erst in den letzten Jahren von W. Luzi entdeckt worden ist.

Die chemische Natur des Diamanten wurde am Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts aufgeklärt, also zu einer Zeit, in welcher dank den Arbeiten hervorragender Chemiker, wie Bergmann, Vauquelin, Klaproth, Proust, Lampadius, viele Mineralien ihrem wahren Wesen nach erkannt wurden.

Die Zerstörbarkeit des Diamanten durch hohe Temperaturen wurde schon in den Jahren 1694 und 1695 zu Florenz beobachtet. Daselbst liefs der Grofsherzog von Toskana, Cosmus III., durch Averami und Targioni Versuche über das Verhalten von Edelsteinen in dem Focus eines Brennspiegels anstellen. Man benutzte zu diesen Experimenten einen grofsen Tschirnhausischen Spiegel und fand, dafs der Diamant unter Einwirkung der konzentrirten Sonnenstrahlen Risse bekam und unter Funkensprühen immer kleiner wurde, um schliefslich ganz zu verschwinden. Die Experimente wurden auch in der Weise wiederholt, dafs man die Sonnenstrahlen von Zeit zu Zeit abblendete und den Diamant untersuchte; dabei zeigte sich eine Abnahme der Masse desselben in der Weise, dafs er zwar immer kleiner wurde, aber dabei seine ursprüngliche Form beibehielt. Ferner wurde konstatirt, dafs nie eine Schmelzung des Diamanten eingetreten war. Eine Bestätigung der in Florenz gewonnenen Resultate wurde dann zunächst wieder um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erbracht. Zu dieser Zeit beschäftigten sich der nachmalige deutsche Kaiser Franz I. (der damals Herzog von Lothringen war) in Wien und dessen Bruder, der Erzherzog Karl in Brüssel, mit Versuchen über den Diamant. Es scheint, dafs beide Fürsten damit den Zweck verfolgten,

Digitized by Google

aus kleineren Diamanten gröfsere zusammenzuschmelzen. Es war wohl das kostspieligste chemische Experiment, das je ausgeführt worden ist, als der Herzog von Lothringen für ungefähr 6000 Gulden Diamanten und Rubine auf einmal in Arbeit nahm. Die Diamanten wurden in irdenen Schmelztiegeln 24 Stunden lang dem stärksten Ofenfeuer preisgegeben. Es mag sich das Bewufstsein von der häufigen Unzulänglichkeit menschlicher Voraussetzungen dem Herzog sehr deutlich aufgedrängt haben, als er nach Beendigung der Operation statt der erhofften grofsen Diamanten nichts in den Tiegeln fand.

Bald darauf, im Jahre 1766, veröffentlichte der französische Forscher d'Arcet Beobachtungen über das Verhalten des Diamanten in der Hitze eines Porzellanofens. D'Arcet fand, dafs er sich bei diesen Temperaturen „verflüchtigte" und zwar ebensowohl, wenn er in durchlöcherten, als auch, wenn er in verschlossenen Tiegeln erhitzt wurde. Später stellte er jedoch fest, dafs die Diamanten nicht verschwanden, wenn sie vollkommen luftdicht eingepackt wurden. Ueber die Ursache des unter bestimmten Bedingungen eintretenden Verschwindens war man völlig im unklaren. Daher fingen nun eine grofse Zahl der geschicktesten Chemiker an, sich mit diesem räthselhaften Verhalten des Diamanten zu beschäftigen. 1771 wurde von den französischen Gelehrten Macquer, Rouelle und d'Arcet zum ersten Male beobachtet, dafs der auf einem Probirscherben unter der Muffel erhitzte Diamant eine Flamme erzeugte. Das Interesse an demselben wurde nun immer allgemeiner. Eine zahlreiche Gesellschaft, zum Theil sehr hochgestellter Personen, wohnte den wenig später von Rouelle, d'Arcet, Lavoisier und Macquer angestellten Versuchen bei. Zunächst zeigte sich wieder, dafs die Diamanten in der Hitze auf räthselhafte Weise aus der Muffel, resp. den Tiegeln, verschwanden. Diese Ergebnisse standen aber nicht im Einklange mit den Behauptungen von Pariser Juwelieren, welche die Experimente mit Aufmerksamkeit verfolgten. Diese Leute erklärten, dafs sie oft Diamanten, auf bestimmte Weise eingepackt, heftig geglüht hätten. Dabei seien diese niemals verschwunden, nur gewisse, dieselben verunzierende Flecke seien dadurch entfernt worden. Einer der gröfsten Juweliere, Le Blanc, erbot sich, den Beweis für diese Angaben zu erbringen. In Gegenwart verschiedener Chemiker packte er einen Diamant in ein Gemenge von Kreide und Kohlenpulver in einen Tiegel und sezte denselben drei Stunden lang einem heftigen Feuer aus. Als darnach der Tiegelinhalt untersucht wurde, war der Diamant zur Genugthuung der Chemiker verschwunden. Die Juweliere waren zunächst verwirrt, hielten

Digitized by Google

sich aber nicht für geschlagen. Ein anderer von ihnen, Maillard, gab sofort drei Diamanten dem Feuer preis. Er hatte sie zunächst sorgfältigst in Kohlenpulver in einem irdenen Pfeifenkopfe verpackt und diesen wieder in einen mit Sand gefüllten und mit Kreidepulver umgebenen Tiegel eingeschlossen. Nachdem man vier Stunden lang stärkstes Feuer gegeben, wurde der Tiegel geöffnet. Macquer rief dabei Maillard zu, er möge seine Diamanten lieber im Rufse der Esse suchen. Aber diesmal triumphirten die Juweliere, denn alle drei Diamanten fanden sich unversehrt im Tiegel vor. Man wiederholte die Versuche mit der gleichen Verpackung und erhielt nun immer die gleichen Resultate. Jetzt galt für die meisten Chemiker als feststehend, dafs der Diamant nur beim Glühen unter Luftzutritt zerstört wird, und dafs es sich dabei um einen Verbrennungsprozefs handelt. Was bei dieser Verbrennung entsteht, wufste man natürlich noch nicht. Um dies aufzuklären, verbrannte Lavoisier den Diamant vermittelst der durch Brennspiegel konzentrirten Sonnenstrahlen unter einer mit Luft gefüllten, durch Wasser abgesperrten Glocke. Dabei bildete sich Kohlensäure, und man bemerkte ein schwaches Aufwallen auf der Oberfläche des Diamanten, auch setzte sich oft eine kohleartige Materie auf derselben an. Man schlofs aus alledem, dafs der Diamant Kohlenstoff enthalten müsse. Dasselbe ergab sich aus späteren Versuchen Smithson Tennants, welcher Diamant und Kohle vermittelst Salpeter bei Rothgluth verbrannte. Gleiche Gewichtstheile Kohle und Diamant lieferten dabei ungefähr gleiche Gewichtstheile Kohlensäure. Wenig später wurden von Guyton de Morveau interessante Experimente angestellt. Zunächst setzte er Diamant in reinem Sauerstoff der Wirkung konzentrirter Sonnenstrahlen aus. Dabei entwickelte der Diamant anfänglich ein purpurfarbenes Licht und zeigte an der Ecke, wo ihn die Strahlen unmittelbar trafen, einen schwarzen Punkt; darauf wurde er ganz schwarz und kohlig, sodann nahm seine Oberfläche Graphitglanz an und schliefslich wurde er gänzlich aufgezehrt. Es hatte sich bei der Verbrennung Kohlensäure gebildet. Einen weiteren Aufschlufs über die Natur des Diamanten gab Guyton de Morveau dann (1799) dadurch, dafs er Schmiedeeisen durch Behandlung mit Diamant in Stahl verwandelte.

Der gröfste Theil der Naturforscher hielt nun auf Grund aller dieser Experimente den Diamant — ungeachtet seines eigenartigen Aeufsern — doch nur für eine sehr verdichtete Kohle. Guyton de Morveau wies aber darauf hin, dafs nicht nur die physikalischen, sondern auch die chemischen Eigenschaften beider Substanzen doch

Digitized by Google

so verschieden seien, dafs man nicht annehmen könne, sie seien gleich zusammengesetzt. So hinterlasse die Kohle bei ihrer Verbrennung stets einen Rückstand von Asche, der Diamant nie; der letztere erfordere ferner zu seiner Verbrennung eine beträchtlich gröfsere Menge Sauerstoff als die Kohle und erzeuge dabei viel mehr Kohlensäure als diese etc. Morveau glaubte daher, dafs der Diamant aus ganz reinem Kohlenstoff bestehe, während die Kohle einen schon in hohem Grade oxydirten Kohlenstoff enthalte. Es zeugt von grofsem Scharfsinn, dafs Guyton de Morveau um jene Zeit (1799) die Natur der beiden Körper Diamant und Kohle schon fast vollständig richtig erkannte; denn in den Kohlen ist Kohlenstoff als solcher überhaupt nicht enthalten, sondern diese sind ein Gemenge von Verbindungen, die im wesentlichen aus sehr viel Kohlenstoff, ferner Sauerstoff, Wasserstoff, auch Stickstoff und Schwefel bestehen. Die Kohlen enthalten also thatsächlich Kohlenstoff in einem theilweise oxydirten Stadium. — Guyton machte auch darauf aufmerksam, dafs der Diamant zu seiner Entzündung eine 14mal höhere Temperatur nöthig habe als die Kohle, und dafs die letztere, einmal entzündet, die zu ihrer weiteren Verbrennung nöthige Temperatur selbst unterhalte, während beim Diamanten die zu seiner Verbrennung erforderliche Hitze sogleich aufhöre, wenn man das durch konzentrirtes Sonnenlicht hervorgebrachte Feuer unterbreche.

Nachdem so durch zahlreiche Experimente und scharfsinnige Interpretirung derselben die Natur des Diamanten bereits richtig erkannt worden war, wurde durch den französischen Mathematiker Biot, welcher theoretischen Ansichten und Spekulationen gröfsere Wichtigkeit beimafs als den Versuchen, wieder Verwirrung in die Anschauungen gebracht. Biot behauptete, dafs die Strahlenbrechung des Diamanten weit stärker sei als die, welche die Brechung der Kohlensäure, des Alkohols, Aethers und anderer Kohlenstoffverbindungen für Kohlenstoff anzeige, und dafs daher der Diamant nicht nur aus diesem Körper bestehe, sondern dafs wenigstens ein Viertel seiner Masse Wasserstoff sei. Trotzdem nun bald darauf (1808) die englischen Chemiker Allen und Pepys eine Abhandlung „Ueber die Verhältnifsmenge des Kohlenstoffs in der Kohlensäure und über die Natur des Diamants" veröffentlichten, worin wiederum experimentell bewiesen wurde, dafs der Diamant nur aus Kohlenstoff bestehe und keine Spur Wasserstoff enthalte, so hielten doch viele, zumal deutsche Mineralogen, die Zusammensetzung für immer noch nicht sicher festgestellt. Die Spekulationen Biots gaben sogar zu der Anschauung Anlafs, dafs der Dia-

Digitized by Google

mant Wasserstoff enthalte, dafs es aber fraglich sei, ob sich derselbe überhaupt durch Verbrennung nachweisen lasse. Und dies zu einer Zeit, wo doch die Thatsache, dafs der Wasserstoff bei der Verbrennung Wasser liefert und durch die Bildung desselben nachgewiesen wird, ganz fest stand. Sogar Guyton de Morveau liefs sich beeinflussen und war nicht ganz abgeneigt, im Diamant eine — wenn auch nur aufserordentlich geringe, ja vielleicht gar nicht mehr wahrnehmbare — Menge Wasserstoff anzunehmen.

Im Jahre 1808 legte der englische Chemiker Davy, der bekanntlich einer der gröfsten Experimentatoren war, den die chemische Wissenschaft aufzuweisen hat, der Royal Society of London eine Abhandlung, betitelt „Neue zerlegende Untersuchungen über die Natur einiger Körper" vor. In derselben beschrieb er auch „Versuche über die Zustände, in welchen sich der Kohlenstoff im Reifsblei, in der Kohle und in den Diamanten befindet." Er hatte Diamanten mit Kalium zusammen erhitzt und glaubte gefunden zu haben, dafs das Kalium dabei den Diamanten Sauerstoff entziehe. Davy schreibt schliefslich, dafs die Versuche mit dem Diamant es sehr wahrscheinlich machen, dafs er Sauerstoff enthält. Zwar könnte die Menge desselben nur sehr gering sein, doch reichte sie wahrscheinlich aus, um die Verbindung zum Nichtleiter (der Elektrizität) zu machen. Der englische Forscher hatte auch den Graphit und die Kohle auf analoge Weise untersucht und war dazu gekommen, den ersteren für eine Verbindung von Kohlenstoff mit ungefähr ein Zwanzigstel Eisen und die Kohle als einen Körper, welcher hauptsächlich aus reinem Kohlenstoff bestehe, mit welchem aber eine kleine Menge Wasserstoff verbunden sei, anzusehen. Auf diese Abweichungen in der Elementarzusammensetzung der drei Substanzen Kohle, Graphit und Diamant schob Davy die Verschiedenheit der Eigenschaften derselben.

Alle diese fälschlichen Auffassungen der Natur des Diamanten wurden nun endgültig durch spätere genaue Untersuchungen widerlegt. Nachdem Justus Liebig die Methode der Analyse organischer Körper so aufserordentlich vereinfacht und sie zu einer so exakten gemacht hatte, wurde der Diamant oft auf diese Weise untersucht, wobei immer festgestellt wurde, dafs er reiner Kohlenstoff ist. Nur aufserordentlich geringe (wechselnde) Mengen von mineralischen Substanzen pflegt er noch beigemengt zu enthalten, welche beim Verbrennen als Asche hinterbleiben. So fanden Dumas und Stafs gelegentlich ihrer Untersuchungen über das Atomgewicht des Kohlenstoffes (1841), bei welchen sie zahlreiche Diamanten verbrannten, dafs diese alle ein Residuum hinterliefsen.

Digitized by Google

Diese Asche bestand bald aus einem schwammigen, röthlich-gelben Gefüge, bald aus strohgelben krystallinen Brocken, bald aus farblosen, aber auch krystallinen Fragmenten. Also auch die Zusammensetzung der Asche ist offenbar verschieden. Die geringste Menge Rückstand, welche sich in einem der untersuchten Diamanten fand, betrug ein Zweitausendstel von seinem Gewicht, bisweilen stieg der Aschengehalt aber auch auf ein Fünfhundertstel der Diamantsubstanz. Dumas und Stafs glauben, dafs die allerreinsten Diamanten, deren Farbe und Durchsichtigkeit nichts zu wünschen übrig lasse, überhaupt ohne Rückstand verbrennen können. — Die beiden Forscher knüpfen nun an diese Beimengungen des Diamanten folgende sehr richtige Betrachtung: „Diese mineralischen Stoffe gehören dem Krystall selbst zu; sie sind zwischen den Blättchen desselben im Augenblick seiner Bildung gleichsam gefangen worden, und aus ihrer genauen Bestimmung geht als unvermeidliche Folge eine sichere Kenntnifs der geologischen Situation des Muttergesteines der Diamanten[1]) hervor, indem die Natur selbst in die Krystalle dieses schönen Körpers das Zertifikat seines so sehr und so vergeblich gesuchten Ursprungs gelegt hat.“

Diese mineralischen Einschlüsse, welche die Diamanten öfter führen, sind nur wenig untersucht, einmal erwiesen sie sich als Rutil, d. i. krystallisirte Titansäure. Jüngst angestellte Analysen von H. Moissan ergaben in allen untersuchten Diamanten, welche aus Südafrika stammten, Beimengungen von Eisen und Silicium; brasilianische Vorkommnisse enthielten ebenfalls alle Kieselsäure und fast alle Eisen. Ferner fand sich in den meisten Diamanten auch Calcium. —

Ein weiterer Beweis für die Kohlenstoffnatur des Diamanten wurde ganz neuerdings von A. Krause erbracht. Derselbe stellte nämlich aus der durch Oxydation des Diamanten erhaltenen Kohlensäure Soda, also kohlensaures Natrium dar, und untersuchte deren Löslichkeit sowie ihre Krystallform, ferner ihre Leitfähigkeit für den elektrischen Strom, ihren Wassergehalt und Schmelzpunkt. Dabei stellte sich, wie ja auch zu erwarten war, heraus, dafs alle diese Eigenschaften vollkommen mit denen der gewöhnlichen Soda übereinstimmten.

Wir wollen jetzt zu den Untersuchungen übergehen, welche angestellt wurden, um das Verhalten des Diamanten unter verschiedenen Bedingungen, wie unter dem Einflusse hoher Temperaturen etc., kennen zu lernen.

[1]) d. h. des Alters und der Zusammensetzung des Muttergesteines.

Digitized by Google

Was die Einwirkung starker Hitzegrade auf den Diamant betrifft, so hat man da zwischen seinem Verhalten bei Abschlufs von Luft, bei Gegenwart von Luft resp. Sauerstoff und schliefslich bei Gegenwart anderer, chemisch auf ihn wirkender Substanzen zu unterscheiden. Es sind zunächst verschiedene Experimente hervorzuheben, welche über die Eigenschaften unseres Minerals beim Erhitzen unter Luftabschlufs Auskunft geben, nämlich die Untersuchungen, welche 1871 von Professor Schrötter in Wien und 1872 von dem verdienstvollen Mineralogen Gustav Rose in Berlin veröffentlicht wurden. Der erstere Forscher legte einen Diamant in einen kleinen hessischen Tiegel, der halb mit fest eingeprefster Magnesia gefüllt war und füllte nun denselben völlig mit diesem Material aus. Hierauf wurde er mit einem Porzellandeckel gut verschlossen und in einen zweiten hessischen Tiegel, welcher Graphit enthielt, so eingestellt, dafs er mit einer, etwa ein Centimeter starken Schicht von Graphit umgeben, diesen äufsern Tiegel nirgends berührte. Letzterer wurde ebenfalls gut verschlossen. (Die Einpackung in Graphit hatte den Zweck, der etwa hinzutretenden Luft den Sauerstoff zu entziehen; bei sehr hohen Temperaturen verbinden sich nämlich Graphit und Sauerstoff zu Kohlensäure.) Das Ganze wurde hierauf dem Starkbrande des Porzellanofens an der heifsesten Stelle ausgesetzt. Als nach dem Erkalten die Umhüllungen geöffnet wurden, zeigte sich, dafs der Diamant nur an seiner Oberfläche etwas matt geworden war ohne die geringste Schwärzung oder Trübung im Innern. Aus diesem Versuche schliefst Schrötter, dafs der Diamant die höchsten Temperaturen, die wir in unseren Oefen erzeugen können, auch bei langer Dauer derselben erträgt, ohne eine merkliche Veränderung zu erleiden. G. Rose stellte folgende Experimente an. Zu dem einen Versuche wurde zur Erzeugung der nöthigen Hitze ein grofser dynamo-elektrischer Apparat benutzt. Der Diamant wurde in einen starken gläsernen Zylinder, in welchen die als Pole dienenden Kohlenspitzen luftdicht eingesetzt waren, gebracht, und zwar in eine der letzteren selber. Nachdem der Zylinder luftleer gemacht, wurde der Apparat in Gang gesetzt. Bald zersprang der Diamant mit heftiger Detonation in gröfsere und kleinere Stücke, die alle stark geschwärzt erschienen. Dasselbe trat bei einem zweiten Versuche ein. Die Schwärzung beschränkte sich nur auf die Oberfläche und bildete eine dünne, haarstarke Rinde, die von der inneren, unverändert und durchsichtig gebliebenen Masse scharf abschnitt. Dieser Ueberzug färbte ab, und man konnte mit ihm auf Papier schreiben; nach Roses Ansicht bestand er aus

Digitized by Google

Graphit. Um das Zerspringen des Diamanten, das offenbar von der zu plötzlichen Erhitzung herrührte, zu vermeiden, stellte dieser Forscher ein drittes lehrreiches Experiment auf folgende Weise an. In einen kleinen, aus sehr fester Gasretortenkohle geschnittenen Würfel wurde ein Loch von der Gröfse des hineinzulegenden Diamanten gebohrt und, nachdem letzterer eingebracht, mit einem Stöpsel aus demselben Stoffe möglichst luftdicht verschlossen. Dieser Würfel wurde in die Mitte eines mit Holzkohlenpulver angefüllten Graphittiegels gestellt und das Ganze darauf wohl verschlossen in einem der von Siemens konstruirten Regenerativöfen eine halbe Stunde lang einer Hitze ausgesetzt, bei welcher Roheisen schmilzt. (Die Verpackung des Diamanten in Kohle diente, wie bei dem vorhin beschriebenen Schrötterschen Versuche die Einstellung in Graphit, zur Abhaltung, resp. durch Entziehung des Sauerstoffes zur Unschädlichmachung auch der geringsten Spur von Luft.) Als nun nach dem Erkalten der Tiegel aus dem Ofen genommen und geöffnet wurde, zeigte sich, dafs der Diamant völlig unverändert war. Von einer Schwärzung, d. h. also einem Uebergang in eine andere Kohlenstoffmodifikation, war nicht das mindeste wahrzunehmen. Rose wiederholte nun den Versuch in der Weise, dafs er einen Diamanten wieder genau so, wie eben beschrieben, verpackte, ihn aber diesmal einer noch höheren Hitze, nämlich einer Temperatur, bei welcher Stabeisen schmilzt, aussetzte. Obgleich er nur 10 Minuten in dieser Hitze verblieb, so war dieses Mal doch eine grofse Veränderung mit ihm vorgegangen; er war nämlich vollkommen schwarz und undurchsichtig geworden und hatte starken metallischen Glanz angenommen. Die Schwärzung hatte, wie bei dem ersten Roseschen Experimente, nur an der Oberfläche stattgefunden, indem die schwarze Masse eine sehr dünne, an der unveränderten Diamantsubstanz scharf abschneidende Schicht bildete. — Es war also eine theilweise Umwandlung der Diamantmodifikation in eine andere Zustandsform des Kohlenstoffes eingetreten. — G. Rose gelangt unter Berücksichtigung des Ergebnisses des vorhin beschriebenen Schrötterschen sowie seiner eigenen Versuche zu folgender Auffassung. Wenn der Diamant vor dem Zutritte der Luft geschützt, einer Temperatur, bei welcher Roheisen schmilzt, oder der heftigtsen Hitze, die sich in Porzellanöfen erzeugen läfst, ausgesetzt wird, so verändert er sich nicht. Wird er aber (ebenfalls unter Luftabschlufs) einer noch höheren Temperatur preisgegeben, z. B. der, bei welcher Stabeisen schmilzt, so beginnt er, unter Beibehaltung der Form, in Graphit überzugehen. —

Digitized by Google

Es ist also die den Diamanten repräsentirende Modifikation des Kohlenstoffes bei sehr hohen Temperaturen nicht existenzfähig, sondern es treten dann — wohl innerhalb der Moleküle — Umsetzungen ein, indem eine andere, auch bei sehr starker Hitze beständige Zustandsform dieses Elementes entsteht. Für die Erforschung der Genesis des Diamanten ist die Kenntnifs dieser Thatsache ohne Zweifel sehr wichtig, denn dieselbe deutet darauf hin, dafs er nicht bei diesen sehr hohen Temperaturen entstanden ist. Allerdings ist es ja aber auch möglich, dafs, wenn vielleicht neben sehr starker Hitze gleichzeitig ein mächtiger Druck wirkt, dann doch die Diamantmodifikation existenzfähig wird und somit ihre Entstehung unter diesen Bedingungen stattgefunden haben kann.

Wie nun G. Rose glaubte, war die bei den hohen Temperaturen aus dem Diamant entstehende Kohlenstoffmodifikation Graphit. Dementgegen stellte Luzi fest, dafs die schwärzlich-graue, undurchsichtige und wie es schien krystalline Substanz, in welche sich der Diamant bei sehr starkem Erhitzen (auf circa 1770° C.) unter Luftabschlufs umwandelt, Graphit nicht sein kann. Die betreffende Masse gab nämlich eine Reaktion (die von Luzi entdeckte sog. „Salpetersäurereaktion des Graphites", auf die hier nicht näher eingegangen werden kann), welche nur dem Graphit und sonst keiner andern Modifikation des Kohlenstoffes eigen ist, nicht. Es mufs also hier eine andere Zustandsform desselben vorliegen, wahrscheinlich der sog. Graphitit. —

Ganz anderer Art sind die Erscheinungen, welche beim Erhitzen des Diamanten unter Zutritt von Luft stattfinden. Wie wir schon vorhin sahen, als wir die geschichtliche Entwickelung der Erkenntnifs von der chemischen Zusammensetzung des Diamanten betrachteten, verbrennt er ja dabei, aber es geschieht dies unter sehr bemerkenswerthen Begleiterscheinungen.

Zunächst sei hervorgehoben, dafs er, an der Luft entzündet, nun nicht ohne weiteres zu brennen oder zu glimmen fortfährt. Um ihn unter diesen Umständen zu verbrennen, bedarf es vielmehr einer fortgesetzten, starken Zufuhr von Wärme. Wenn man pulverisirten Diamant z. B. auf ein dünnes Platinblech bringt und dieses über einem Gebläse erhitzt, so entzündet er sich und verbrennt, aber nur, so lange man fortfährt, die Unterlage im Glühen zu erhalten. Anders ist es, wenn man den Diamant in reinem Sauerstoffgase entzündet; darin fährt er von selbst fort zu brennen und wird schnell und vollständig verzehrt, ohne dafs es einer weiteren Erhitzung bedürfte. Seine Entzündungstemperatur (an der Luft) liegt ungefähr beim Schmelzpunkte des Silbers, also

Digitized by Google

bei circa 1000° C. Nach jüngst erfolgten Angaben von Moissan soll die Temperatur, bei welcher Diamanten in reinem Sauerstoff verbrennen, zwischen 760° und 875° schwanken. Die Feuererscheinung, welche das Verbrennen des Diamanten begleitet, ist eine intensive. Es sei übrigens nebenbei bemerkt, dafs nicht, wie vielfach geglaubt wird, der Diamant die am schwierigsten verbrennbare Modifikation des Kohlenstoffes ist, sondern dies ist der Graphit. So verbrennt z. B. Graphit von Ceylon oder von Ticonderoga selbst beim Glühen in einem schnellen Sauerstoffstrome nur, wenn er sehr fein pulverisirt ist. Ist er dies nicht, so verbrennen so geringe Mengen, wie 0,1 bis 0,2 g., selbst bei zweistündigem, starkem Glühen im Sauerstoffstrome nur zum Theil. Graphit ist also viel schwerer verbrennlich als Diamant. Der Diamant ist somit bei hohen Temperaturen weder existenzfähig, wenn er sich unter Luftabschlufs, und noch viel weniger, wenn er sich an der Luft befindet. Graphit und Graphitit sind in dieser Hinsicht ungleich viel beständigere Anordnungen der Kohlenstoffatome; entsteht doch z. B. letzterer unter dem Einflusse des elektrischen Bogenlichtes aus den als Pole oder Elektroden dienenden Kohlenstiften, also bei einer Temperatur, welche man ganz neuerdings zwecks Ausführung gewisser chemischer Operationen auf circa 3000° C. gesteigert hat.

G. Rose beobachtete zuerst, dafs sich der Diamant beim Verbrennen auf seiner Oberfläche mit regelmäfsigen, dreiflächigen Eindrücken bedeckt. Dieselben stellen negative Pyramiden, also Tetraëder, dar. Es sind dies Aetzfiguren, wie man sie an den Krystallen vieler Substanzen beobachten kann, wenn eine chemische, lösende Einwirkung auf dieselben stattfindet. Diese Aetzfiguren stehen stets, also auch beim Diamant, in gewissen gesetzmäfsigen Beziehungen zu der Krystallform; sie liegen nicht wirr und regellos durcheinander, sondern sind immer in bestimmten Richtungen angeordnet.

Fig. 1 (nach G. Rose) zeigt eine mit solchen dreiflächigen Eindrücken bedeckte Fläche (Oktaëderfläche) eines Diamantkrystalles, wie sie beim Verbrennen desselben entstehen.

Fig. 2 (nach G. Rose) stellt den letzten Rest eines fast vollständig verbrannten Diamanten dar.

Eine Folge der regelmäfsigen Lage der Eindrücke ist es, dafs dieselben bei längerer Einwirkung der Hitze zu Furchen, zwischen denen sich scharfe Kämme erheben, zusammentreten (siehe Fig. 2). Uebergang in eine andere Kohlenstoffmodifikation ist beim Erhitzen des Diamanten an der Luft nicht zu beobachten, er zeigt sich, wann immer man ihn auch aus dem Feuer nehmen mag, stets farblos resp. weifs.

Digitized by Google

Wie schon erwähnt, leuchtet der Diamant beim Verbrennen stark, ohne dafs dabei aber wirkliche Flammen erschienen, oder dafs etwa Funkensprühen und ähnliche Erscheinungen aufträten. Auch von einer Schmelzung ist normaler Weise nichts wahrzunehmen. Indessen mag hier eingeschaltet werden, dafs manche diesbezüglichen Experimente auch etwas andere als die eben beschriebenen Resultate ergaben; es herrscht zwischen den Ergebnissen, welche zumal ältere Beobachter bei Erhitzungsversuchen unter Luftzutritt erhielten, keine volle Uebereinstimmung. Bei Experimenten, die im Jahre 1751 von Franz I. angestellt wurden, zeigte sich z. B., dafs ein vollkommen reiner, ge-

Fig. 1.
Stark vergröfsert. o Oktaëderfläche. a, b, c dreiflächige Corrosionsfiguren.

Fig. 2. Sehr stark vergröfsert.

schliffener Stein, nachdem er mit Hülfe eines grofsen Brennspiegels theilweise verbrannt worden, dabei durch und durch geschwärzt worden war. Dieser Diamant wurde aufbewahrt und befindet sich im Besitze des k. k. Mineralienkabinets in Wien. — Wie schon Seite 401 erörtert wurde, nahm auch Morveau bei der Einwirkung konzentrirter Sonnenstrahlen auf einen im Sauerstoff befindlichen Diamanten einen Uebergang desselben in Kohle oder Graphit wahr. Derlei Beobachtungen wurden noch von manchen andern Chemikern gemacht. Eine ebenfalls abnorme Erscheinung bot sich dem amerikanischen Forscher Silliman dar, als er Diamanten vor das sog. Hare'sche zusammengesetzte Löthrohr brachte; dieselben zeigten nämlich Spuren einer angefangenen Schmelzung. Es waren geschliffene Diamanten; ihre Ecken wurden beim Verbrennen jederzeit abgerundet und meistens ganz verwischt. Es schien, als wären sie auf der Oberfläche erweicht — ein zufällig abgesprungenes Stückchen zeigte einen muscheligen Bruch und verglastes Ansehen. —

(Schlufs folgt).

Digitized by Google

Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter.

Von Dr. M. Wilhelm Meyer.

„Seit Herschel vor nunmehr bereits 110 Jahren über den Planeten Mars die Meinung ausgesprochen hatte, „seine Bewohner erfreuen sich wahrscheinlich einer in vieler Hinsicht ähnlichen Situation wie wir“, begann dieser merkwürdige Planet immer mehr das Interesse zuerst der beobachtenden Astronomen, dann der Freunde der Himmelskunde und endlich des grofsen Publikums in Anspruch zu nehmen, und heute hat der für das blofse Auge durchmesserlose Wandelstern, auf welchem nur die besten Fernrohre seltsame Details zu erkennen vermögen, selbst dem Monde an allgemeiner Popularität den Rang abgewonnen. Namentlich seit der Laie dem Astronomen allmählich zu glauben beginnt, dafs es Menschen oder überhaupt lebende Wesen auf dem Monde nicht geben kann, ist er ihm um ein gutes Stück gleichgültiger geworden. Für Mars aber stand von vornherein der Wahrscheinlichkeit, dafs es dort lebende Wesen geben könne, kein unumstöfslicher Grund entgegen, und als nun gar Schiaparelli seit dem Jahre 1877 sogenannte Kanäle dort entdeckte, deren Entstehung allein durch die todten Naturkräfte, ohne die Einwirkung intelligenter Wesen nach unseren irdischen Erfahrungen jedenfalls bedeutende Erklärungsschwierigkeiten bot, mufste begreiflicherweise dieses Interesse einen sehr hohen Grad erreichen, da man in unseren Tagen ja aufserdem in immer stärkerem Maafse sich ganz im allgemeinen für die Dinge aufserhalb der Erde interessirt. Nun kam bekanntlich im vergangenen Jahre der Planet uns aufsergewöhnlich nahe, so nahe, wie er seit dem denkwürdigen Entdeckungsjahre der Kanäle, 1877, uns nicht wieder gestanden hat. Alle Welt — nur nicht die Astronomen — war nun davon überzeugt, dafs der Planet auf diesem Besuche uns eine grofse Menge neuer Wunder verrathen würde. Es war an sich ein gewifs erfreuliches Zeichen für den Fortschritt der immer allgemeiner werdenden Freude an der

Digitized by Google

Beobachtung himmlischer Welten, dafs im vorigen Jahre, namentlich um die betreffende Oppositionszeit zu Anfang August herum, alle Zeitungen der zivilisirten Welt erfüllt waren von allerhand Mittheilungen über dieses wunderbare Gestirn. Ja, der New-York Herald ging so weit, ihm geradezu die Ehre eines königlichen Gastes angedeihen zu lassen, dem er ein ganzes Heer von Interviewern entgegensandte. Am Tage nach der Opposition, am 5. August, erschien je ein Korrespondent des New-York Herald bei jedem nur einigermafsen namhaften Astronomen der ganzen Welt, um ihn zu befragen, was er neues an dem Planeten gesehen habe, und alle diese Mittheilungen wurden nach New-York telegraphirt und in einer langen Reihe von Artikeln reproduzirt. Nun, ich brauche unseren Lesern von „Himmel und Erde“ nicht ausführlich zu erklären, dafs diese sonderbare Idee des etwas sensationssüchtigen Blattes eine recht grobe Unkenntnifs des einschlägigen Gegenstandes verräth. Einmal unterschieden sich ja natürlich die Verhältnisse am Tage der Opposition astronomisch fast garnicht von denen mehrere Wochen vor und nachher, und dann weifs man, dafs es erst nach vollendeter Oppositionsperiode möglich ist, aus der Gesamtheit so ungemein subtiler Beobachtungen einen einigermafsen werthvollen Schlufs zu ziehen. Endlich fand bekanntlich die vorjährige Opposition wegen des niedrigen Standes des Planeten für alle Sternwarten der nördlichen Erdhälfte unter so ungünstigen Umständen statt, dafs sehr viel Neues von dieser Zusammenkunft von vornherein kaum zu erwarten war. Von den südlich gelegenen Sternwarten kam aber kaum mehr als eine — die provisorische Station bei Arequipa auf dem peruanischen Hochplateau — in Betracht, welche sich besonders für Marsstudien gerüstet hatte.

Das Jahr 1892 ist nun aber in anderer Hinsicht für das Studium des erdnahen Planeten von Bedeutung gewesen, und zwar durch das Erscheinen eines umfangreichen Werkes, welches alle seit der Erfindung des Fernrohrs aufgezeichneten Studien über den Planeten sorgfältig neben einander geordnet enthält. Das grofse Werk rührt von dem allbekannten französischen Astronomen Camille Flammarion her, dessen Weltberühmtheit er seiner wunderbaren Gabe eleganter und begeisterter populärer Darstellung astronomischer Kenntnisse verdankt. Nach deutschem Geschmack und dem Geschmack der reinen Fachgelehrten so ziemlich der ganzen Welt ist ja allerdings die Schreibweise Flammarions nicht. Der Flug seiner begeisterten Phantasie mag sich wohl hier und da etwas zu weit über die festen und unzweifelhaften Grundlagen des verbürgten Wissens erhoben haben;

Digitized by Google

aber ich werde es mir an dieser Stelle wohl versagen müssen, mich irgendwie kritisch über den Werth oder Unwerth solcher gelegentlichen Gedankenausflüge, welche, von wissenschaftlich durchgebildeten Geistern ausgehend, schon sehr häufig pfadfindend geworden sind, auszulassen; ich würde allzu leicht in den Verdacht kommen, pro domo zu reden.

Wie man nun aber auch über den grofsen Pariser Popular-Astronomen denken mag, sein Buch „La Planète Mars et ses Conditions d'Habitabilité" bildet eine ganz vortreffliche und höchst sorgfältige Zusammenstellung alles dessen, was über die Oberfläche des Mars jemals an Untersuchungen und Zeichnungen bekannt geworden ist, und es mufs hier besonders hervorgehoben werden, dafs die hypothetischen Ausblicke sich auf einen sehr kleinen Bruchtheil des 608 Grofsoktavseiten umfassenden Werkes beschränken, welches 571 Facsimile-Wiedergaben von Marszeichnungen enthält. Ich will es versuchen, an der Hand dieses Werkes und hauptsächlich aus demselben excerpirend, einen Ueberblick der Studien zu geben, welche sich bisher mit unserer jedenfalls sehr eigenartigen Nachbarwelt befafst haben, um dann schliefslich das hinzuzufügen, was die letzte Opposition, die in dem Werke noch keine Aufnahme finden konnte, etwa noch ergeben hat.

Die Beobachtungen des Mars sind in dem Flammarionschen Werke in drei Perioden zerlegt, deren Grenzen einmal durch den Beginn der Beobachtungen überhaupt, dann durch die Beobachtungen von Beer und Mädler (1830) und durch Schiaparelli (1877) gesteckt sind.

Die erste Marszeichnung rührt von Fontana her und ist 1636 ausgeführt. Durch ein Fernrohr gesehen ist Mars natürlich bereits seit dem Jahre 1610, als Galilei ein solches zuerst auf ihn richtete. Der Letztere glaubte auch bereits eine Spur seiner Phase zu bemerken. Fontana zeichnet einen runden Fleck in der Mitte des Mars, der aber, da er später die Form der Phase annimmt und auch bei seinen Zeichnungen der Venus wieder auftritt, offenbar nur ein falsches Spiegelbild seines Fernrohrs ist. Es folgen dann Bemerkungen über Marsbeobachtungen von Riccioli, Hirtzgarter, Rheita, Hevelius und Huygens. Letzterer giebt 1636 einen dunkeln Gürtel an, welcher die Marsscheibe von einem zum anderen Rande durchzieht, und am 28. November 1659 zeichnet er etwas auf, das wohl bereits jenem charakteristischen Gebilde der Marsoberfläche einigermafsen ähnlich sieht, das Schiaparelli Syrtis Major genannt hat, für welches

Digitized by Google

Flammarion aber die alte Nomenklatur beibehält und es das Sanduhrmeer nennt (Mer du Sablier). Die Beobachtungen von Cassini werden dann reproduzirt, der 1666 deutlich die weifsen Polarflecke aufzeichnet, aber merkwürdiger Weise gelegentlich deren vier sieht, dann weiter die von Salvatore Serra, Hooke, von Huygens aus den Jahren 1672 und 1683, Beobachtungen und Zeichnungen von Flamsted, Fontenelle, Maraldi, Bianchini, Cassini II., Messier, Lalande, William Herschel. Erst die Zeichnungen dieses Letzteren weisen etwas greifbarere Details namentlich in der zweiten Periode von 1781 und 82 auf, von denen man hier und da wohl eine Kontur mit heute bekannten aerographischen Gebilden identifiziren könnte. Nach Bailly folgt dann der grofse Planetenbeobachter Schröter, der von 1785 bis 1803 eine gröfsere Anzahl bereits recht interessanter Marszeichnungen anfertigte, die in dem Flammarionschen Werke wiedergegeben sind. Es werden überall Auszüge des Beobachtungsjournals gegeben und Versuche gemacht, die Details der alten Zeichnungen mit den uns heute bekannten zu identifiziren. Es passiren dann noch Revue die Beobachtungen von Hahn, Flaugergues, Fritsch, Huth, Gruithuisen, Arago, Kunowsky und endlich Harding (1824), womit die erste Periode abschliefst.

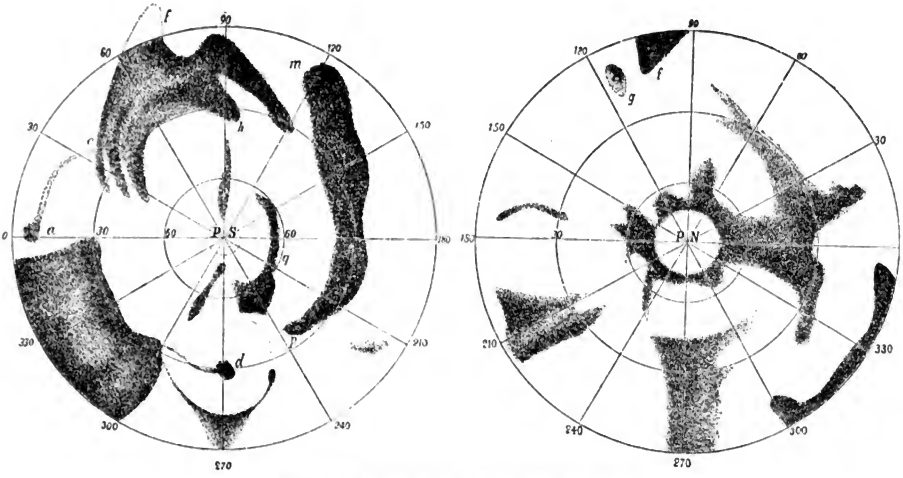
Man begreift, dafs man aus diesen, mit noch sehr unvollkommenen Instrumenten gewonnenen Beobachtungen und Zeichnungen kein auch nur einigermafsen klares Bild der Oberflächenverhältnisse auf dem Mars zusammenstellen konnte. Flammarion schliefst deshalb seine Zusammenstellung der Resultate dieser ersten Periode mit den Worten:

„Besitzt dieser Planet eine feste, geographisch gegliederte Oberfläche wie diejenige der Weltkugel, welche wir bewohnen? Es wäre unmöglich, dieses aus den vorangehenden Beobachtungen zu schliefsen. Vielleicht werden die Fortschritte der Optik und der astronomischen Wissenschaft es uns erlauben, diese wichtige Frage in der nächsten Periode zu entscheiden. Wir treten deshalb in der That nunmehr in eine neue Phase der Marsstudien ein, welche man die geographische nennen könnte.“ [1])

Die zweite Periode 1830—1877 beginnt, wie bereits erwähnt, mit den epochemachenden Beobachtungen von Beer und Mädler. Die Zeichnungen werden immer gestaltreicher, und die genannten Astronomen konnten im Jahre 1840 bereits einen Planiglobus der Welt

[1]) Bei den in den gegenwärtigen Aufsatz eingeflochtenen Uebersetzungen wolle man mir erlauben, dem Geiste, nicht dem Worte getreu zu bleiben.

Digitized by Google



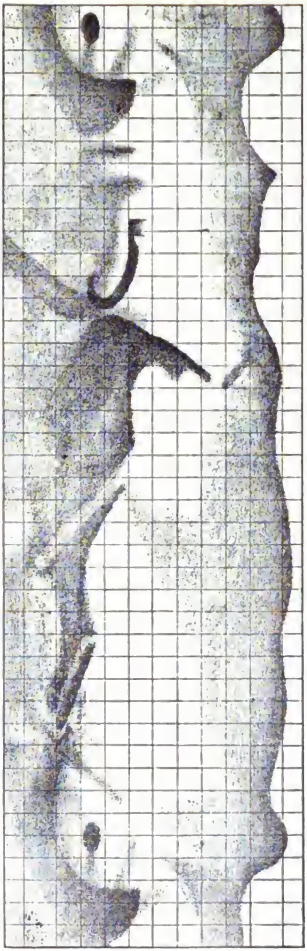
Marskarten von Beer und Mädler aus dem Jahre 1840.

Digitized by Google

des Mars entwerfen, auf welchem in grofsen Zügen die uns heute bekannte Konfiguration wieder zu erkennen ist. Wir erlauben uns diese Karte hier zu reproduziren.

Es folgen Zeichnungen von John Herschel von 1830, Galle 1839, Julius Schmidt, Warren de la Rue, Brodie, Webb und Secchi. Letzterer bezeichnet abermals einen bedeutenden Fortschritt, was die zunehmende Fülle der Details betrifft. Die Zeichnungen Secchis beziehen sich auf die Oppositionen von 1858 und 1862.

Wir kommen nun zu sehr sorgfältigen und schönen Mars-Zeichnungen von Lockyer, gleichfalls von 1862, ferner von Phillips, Lord Rosse, Lassell, Knott und Kaiser aus demselben Jahre. Dawes, welcher den Planeten 1864 und 65 zeichnet, ist sich schon damals darüber klar, dafs die Lage und Ausdehnung der dunkleren und helleren Flecke auf dem Planeten Veränderungen unterworfen ist, welche nicht allein der Undeutlichkeit des Sehens zugeschrieben werden können. Nun folgen Zeichnungen von



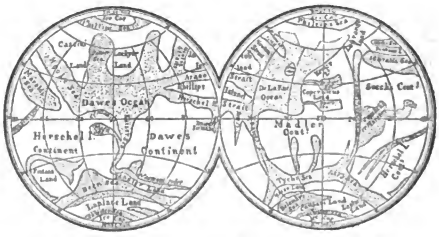
Marskarte von Beer und Mädler aus dem Jahre 1840.

Digitized by Google

Franzenau, Terby, Williams und dann die hier reproduzirte Uebersichtskarte von Proctor. Schliefslich finden wir nach einigen gelegentlichen Beobachtern die ganz vortrefflichen Marszeichnungen von Green und Trouvelot, dann solche von Lohse und Holden (Washington 1875).

Als Resultat dieser zweiten Periode resumirt Flammarion Seite 242 ff.:

„Die Geographie des Planeten Mars ist in ihren hauptsächlichsten Zügen skizzirt. Mehrere Karten sind entworfen: zunächst von Beer und Mädler 1840, dann von Kaiser 1864, von Phillips in demselben Jahre, von Proctor 1867 und Green 1873. Diesen geographischen



Proctors Uebersichtskarte des Mars aus dem Jahre 1867.

Grundzügen mag man noch unseren eigenen, 1864 veröffentlichten Versuch, die bestbekannte Halbkugel des Planeten darzustellen, hinzufügen, worin sich das Sanduhrmeer im Zentrum befindet. Die hauptsächlichen dunklen Flecken sind permanent, und es ist nicht mehr möglich, mit Schröter anzunehmen, dafs sie atmosphärischer Natur seien. Dennoch ist unser früherer Schlufs beizubehalten: Die Form und das Aussehen dieser Flecke ist veränderlich.

„200 neue Ansichten des Mars sind in dieser zweiten Periode vor unseren Augen vorübergezogen; verbunden mit den 191 ersten repräsentiren diese Ansichten 391 verschiedene Zeichnungen des Planeten, wie ihn alle Beobachter nach einander oder zugleich gesehen haben. Ihr vergleichendes Studium zeigt, dafs jeder Beobachter verschieden sieht, je nach der Beschaffenheit seiner Augen, seiner Geschicklichkeit, seiner Instrumente, und dafs er wiederum nach seiner besonderen betreffenden Anlage das Gesehene verschieden aufzeichnet.

„Es giebt also für jede Zeichnung eine Art von persönlicher

Digitized by Google

Gleichung, von individueller Auslegung, und da die Details auf einer Weltkugel, welche man aus der Entfernung des Mars durch zwei Atmosphären betrachtet, immer mehr oder weniger vage und nur äufserst delikate sein können, ja meistens sich an der Grenze der Sichtbarkeit befinden, so giebt es vielleicht unter allen diesen Zeichnungen keine einzige, welche wirklich genau das wiedergiebt, was ein Beobachter sehen würde, der sich sehr nahe über der Oberfläche des Mars befinden würde.

„Nichtsdestoweniger läfst sich ein fester Kern aus allen diesen Beobachtungen herausschälen, welchen wir in der Generalkarte von Flammarion auf Seite 424 wiedergegeben haben. Andererseits kann die mangelnde Uebereinstimmung zwischen verschiedenen Beobachtern gewisse Verschiedenheiten nicht erklären, welche als wirkliche Veränderungen anzusehen sind. So ändert das Sanduhrmeer zweifellos seine Ausdehnung und seine Färbung. Sein linkes Ufer scheint namentlich nach oben, nach der Halbinsel Hind zu, Gebiete zu besitzen, welche zu Zeiten trocken liegen, zu anderen überschwemmt werden. Das kreisförmige Meer Terby wird rings, namentlich unten, von Gebieten umgrenzt, die oft hell, oft dunkel erscheinen. Das Meer Flammarion ist oft von einer Art Sandbank durchzogen; die Meridianbucht erscheint zu Zeiten rund, dann wieder viereckig oder auch länglich und gabelförmig.

„Diese Erscheinungen und Veränderungen bestätigen die Erklärung derselben, wie wir sie bereits während der ersten Beobachtungsperiode gaben, nämlich, dafs die dunklen Flecke ausgedehnte Flüssigkeitsgebiete, Meere, Seen sind, die hellen Flecke dagegen feste Gebiete, Kontinente, Inseln.

„Die Veränderungen der polaren Schneegebiete bekräftigen diese Annahme des Vorhandenseins von Wasser, welches dieselben Eigenschaften wie das unseres Planeten hat, d. h. sich in Schnee, Eis und Wolken verwandeln kann.

„Die während dieser zweiten Periode entdeckte spektralanalytische Untersuchungsmethode zeigt, dafs dieses Wasser auch in seiner chemischen Zusammensetzung dem unseren vergleichbar ist.

„Trotzdem müssen diese Wasseransammlungen sich in einem anderen physischen Zustande als unsere Meere befinden; sie sind vielleicht weniger dicht, weniger flüssig, treten vielleicht nur als schwere Nebelmassen auf.

„Die Atmosphäre ist weniger bewegt als die unsrige, weniger von Wolken und Nebeln durchsetzt, erzeugt weniger Regen, ist ver-

Digitized by Google

dünnter und durchsichtiger. Das Wasser mufs sich darin leichter verflüchtigen und leichter niederschlagen als bei uns. Man beobachtet darin keine Wirbelstürme, wie es Secchi früher geglaubt hatte, aber man bemerkt gelegentlich sehr ausgedehnte Schneefelder, selbst in ziemlich grofser Entfernung vom Pol, namentlich auf dem mit Lockyer benannten Festlande, welches man gelegentlich für den Pol angesehen hat.

„Es giebt weniger Wasser auf dem Mars als auf der Erde, und zwar ist nicht nur seine Oberflächenausdehnung eine geringere, insofern es auf Mars nur ein Drittel, auf der Erde drei Viertel der Gesamtoberfläche einnimmt, sondern die Meeresbecken sind vermuthlich auch weniger tief. Die Veränderungen der Färbung der Meere können nämlich dadurch erklärt werden, dafs zu Zeiten ihr Grund sichtbar wird. Aufserdem scheinen ausgedehnte Ueberschwemmungen die Ufergebiete zu überziehen, welche als sehr flach anzusehen sind.

„Die südliche Halbkugel des Mars ist hauptsächlich als die wasserreiche, die nördliche als die Landhalbkugel zu betrachten; der Boden dieser letzteren befindet sich also auf einem durchschnittlich höheren Niveau als der der ersteren. Die geologischen Ursachen, welche die Oberfläche dieses Planeten formten, hoben also die nördliche und senkten die südliche Halbkugel. Es ist interessant zu bemerken, dafs ungefähr das Gleiche auf der Erde stattfand. Die grofsen Kontinente, Asien, Europa, Nordamerika, die Hälfte von Afrika nehmen die nördliche Halbkugel ein; die südliche besitzt nur Südafrika, Südamerika und Australien, deren Oberfläche viel kleiner ist.

„Diese Verschiedenheit kann von der Wirkung der Sonnenattraktion auf die während einer halben Umlaufsperiode der Apsidenlinie der Sonne näher befindlichen Marshalbkugel zu der Zeit herkommen, als sich um die betreffende kritische Zeit die feste Rinde des Planeten bildete. Diese Anziehung hätte dann die nördliche Halbkugel in etwas seitlicher Richtung gehoben. Der Mittelpunkt der Landmassen scheint im Kontinent Huygens bei 150° Länge und 120° Breite zu liegen, der Mittelpunkt der Meeresgebiete ungefähr ihm gegenüber im Dawesmeer bei 330° Länge und 30° Breite. Für die Erde sind diese selben Punkte ungefähr die Karpathen und deren antipodisch gelegener Punkt.

„Es mufs auf der Oberfläche des Mars Flüsse geben, weil es dort Meere, Wolken und Regen giebt. Die Meridianbucht scheint die Mündung zweier grofsen Flüsse zu sein.

„Obgleich die Weltkugel des Mars vermuthlich weniger unregel-

Digitized by Google

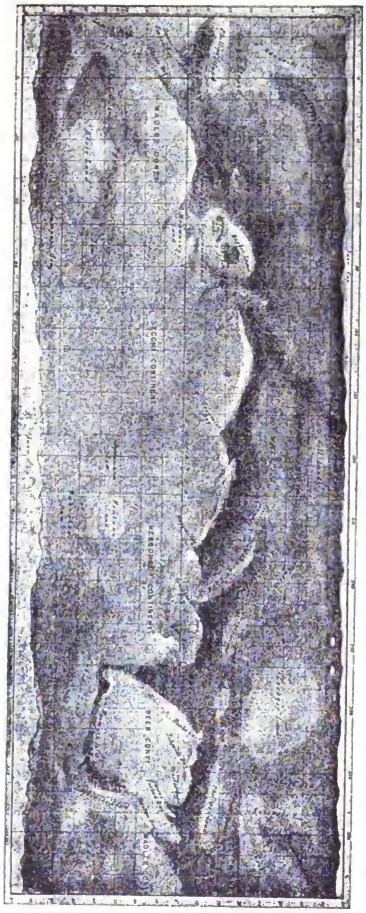
mäfsig ist als die der Erde, was deren Gebirgsrelief anbetrifft, so scheint es doch, dafs einige recht hohe Gebirge und Hochplateaus existiren. So sind die beiden auf unserer Karte (S. 424) auf dem 47. und 297. Längengrade verzeichneten Inseln oft sichtbar und verschwinden wieder; es sind zweifellos Berge, welche gelegentlich von Schnee bedeckt werden. Es scheint auch, dafs sich in der Nähe des Aequators rechts vom Sanduhrmeer ein ausgedehntes Hochplateau befindet, und noch ein anderes bei der Kreuzung des 185. Längen- und 65. nördlichen Breitengrades.

„Im grofsen und ganzen bestätigt sich durch diese neuen Beobachtungsreihen wieder die Aehnlichkeit jener Welt mit der unsrigen. Die klimatischen Verhältnisse scheinen sogar den unsrigen merkwürdig ähnlich, sei es nun, weil sich die Temperatur ungefähr auf demselben Grade erhält wie bei uns, sei es, dafs die physischen Bedingungen des atmosphärischen Druckes, der Dichte, der Schwere ähnliche Effekte bei einer verschiedenen Temperatur hervorbringen."

Wir treten nun in die dritte und letzte Beobachtungsperiode ein, welche mit den berühmten Untersuchungen Schiaparellis beginnt. Die Resultate dieser letzteren sind in gegenwärtiger Zeitschrift, so weit sie von dem Mailänder Forscher bis 1888 erhalten wurden, von ihm selbst ausführlich resumirt worden, und der in den ersten drei Heften unserer Zeitschrift erschienenen Abhandlung wurden bekanntlich zwei Planigloben des Mars, von Schiaparelli gezeichnet, beigefügt, welche inzwischen sehr vielfach reproduzirt worden sind. Auch das Flammarionsche Werk giebt diese Karten, von den in unserem Besitz befindlichen Steinen abgezogen, wieder, wie auch dort der gröfste Theil der vorhin erwähnten Abhandlung Schiaparellis in französischer Sprache reproduzirt wurde. Wir müssen deshalb, um nicht in Wiederholungen zu verfallen, auf diese Abhandlung zurückverweisen.

Die Anzahl der Beobachtungen des Planeten Mars wird nun eine so bedeutende, dafs es nicht angezeigt erscheint, die damit verknüpften Namen hier wieder zu geben; ich möchte nur, um die Generalkarten, welche von dem Planeten gezeichnet worden sind, hier nebeneinander stellen und dadurch dem Leser selbst ein vergleichendes Studium ermöglichen zu können, die Karten von Green (1877), Lohse (1879), Dreyer (1879), Knobel (1884), Perrotin und Thollon (1886) und Lohse (1883/84) anführen, denen schliefslich noch die, alle die

Digitized by Google



Karte des Mars von Green aus dem Jahre 1877.

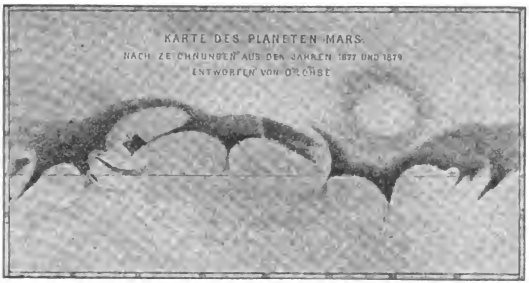
vorangehenden zusammenfassende Generalkarte von Flammarion folgen möge.

In dem zweiten Theile seines Buches stellt nun Flammarion die Resultate aus dem Vorangegangenen übersichtlich zusammen. Das Werk behandelt nicht nur die Oberflächenbeschaffenheit des Planeten, welche ich hier in den Vordergrund der Betrachtung stellte, sondern giebt im ersten Kapitel des zweiten Theiles die Zusammenstellung über die Untersuchungen der Bahn des Mars und die über die Neigung der Planetenaxe.

Das zweite Kapitel handelt von den Dimensionen und das dritte von der Rotationsdauer des Planeten; im vierten kommt der Autor ausführlich auf die Geographie des Mars zurück. Dieses Kapitel beginnt folgendermafsen:

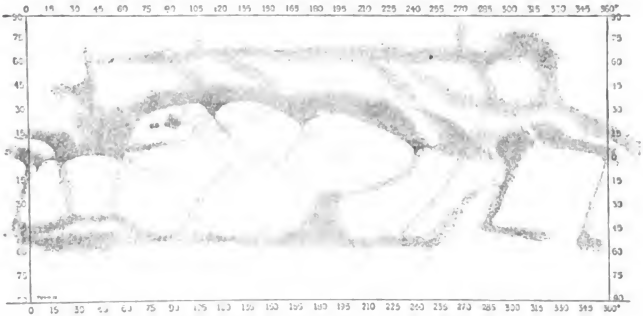
Digitized by Google

„Alle in diesem Werke vereinigten Beobachtungen zeigen, dafs die Weltkugel des Mars von dunklen und hellen Flecken bedeckt ist, die eine feste Lage inne halten; hierüber besitzen wir seit zwei Jahrhunderten übereinstimmende Beobachtungen. Mars ist deshalb der



Karte des Mars von Lohse aus dem Jahre 1879.

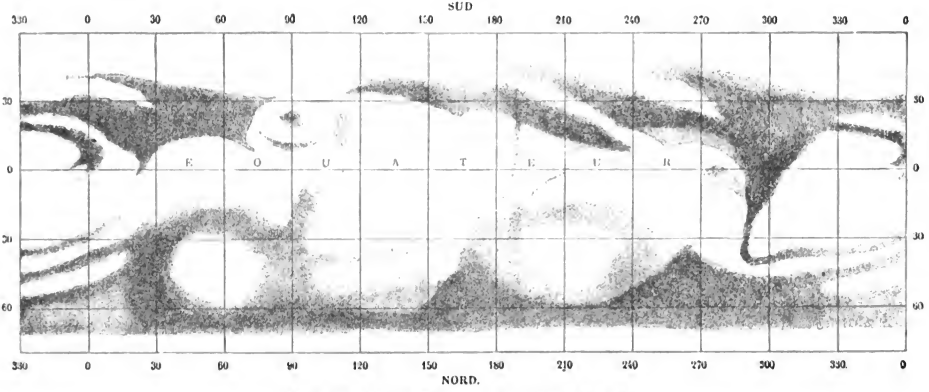
einzige Planet unseres Systems, dessen Geographie wir studiren können; Venus, Jupiter und Saturn sind fortwährend durch Wolken verhüllt, die anderen zeigen überhaupt nichts Bestimmtes.



Karte des Mars von Dreyer aus dem Jahre 1879.

„Wenn man die Gebiete des Planeten im allgemeinen betrachtet, so kann man sie in zwei Klassen eintheilen; die eine umfafst die

Digitized by Google

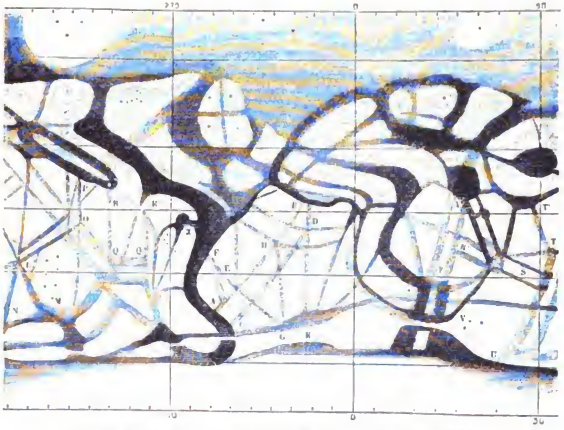


Karte des Mars von Knobel aus den Jahren 1873—1884.

Digitized by Google

Karte des Mars von Lohse aus den Jahren 1883—1884.

hellen Gegenden, die gewöhnlich dunkelgelb oder orangefarben sind, aber oft je nach der Lokalität schnell nach einander alle Nüancen des Gelb bis zum hellsten Weifs oder andererseits vom Orangeroth bis zu dem bräunlichen Dunkelroth stark gebrannter Ziegel oder besser von altem Leder aufweisen. Die zweite Klasse ist die der dunklen Gebiete oder der eigentlichen Flecken. Ihre Grundfarbe scheint eine



Karte des Mars von Perrotin und Thollon aus dem Jahre 1886.

Digitized by Google

Generalkarte des Planeten Mars von Flammarion.

Digitized by Google

Art von Eisengrau, etwas ins Grüne hinüberspielend, zu sein; sie weist alle Abstufungen vom Schwarz bis zum Aschgrau auf. Gewöhnlich sind die Gebiete der zweiten Klasse dunkler als die der ersten, aber es kommt doch vor, dafs bei den Farbenveränderungen, welchen gewisse Gebiete des Planeten unterworfen sind, die Flecken der ersten Kategorie eine dunkelrothe Färbung annehmen, während die der zweiten sich heller färben. Man kann also nicht sagen, welches die helleren oder die dunkleren sind; mit einem Worte, es handelt sich stets mehr um Farbenunterschiede als um Helligkeitsverschiedenheiten. Uebrigens sind im allgemeinen, abgesehen von gewissen Ausnahmefällen, die beiden Arten von Gebieten deutlich von einander getrennt zu halten.

„Die säkulare Unveränderlichkeit der Marsflecken darf jedoch nicht in so absolutem Sinne genommen werden wie die auf dem Monde. Die fortgesetzte Beobachtung hat gezeigt, dafs verschiedene Gegenden auf der Oberfläche des Planeten innerhalb gewisser Grenzen ihre Färbung verändern und die Sonnenstrahlen verschieden intensiv zurückwerfen. Ferner können die Umrisse der dunklen Flecken Verschiebungen erleiden, die, im Vergleich zu den Dimensionen des Planeten und dieser Flecken selbst, zwar recht gering genannt werden müssen, die aber nichtsdestoweniger doch unzweifelhaft sind. Dann ist ferner die Schärfe der Umrisse oft gröfser, oft geringer; manche feinen Details sind zu gewissen Zeiten leichter sichtbar, als zu anderen, abgesehen von dem Einflufs der äufseren Beobachtungsumstände. Diese Details können relativ bedeutenden Veränderungen ihres Aussehens unterliegen, die jedoch die Identität des Objektes selbst nicht in Frage stellen. Endlich besitzt Mars eine Atmosphäre, in welcher sich eine Gesamtheit von Vorgängen abspielt, die man aus Analogiegründen mit den ähnlichen Vorgängen auf der Erde meteorologisch nennen mufs, wenngleich sie von diesen wahrscheinlich doch sehr verschieden sind.

„Diese Veränderungen verleihen dem Studium des Mars ein viel gröfseres Interesse, als wenn alles unveränderlich und fest auf seiner Oberfläche wäre. So schreibt Schiaparelli hierüber: „„Dieser Planet ist keine Wüste aus starren Felsen, er lebt. Die fortgesetzte Entwickelung seines planetarischen Lebens dokumentirt sich in einem ganzen System sehr komplizirter Transformationen, von denen einige eine Ausdehnung annehmen, die grofs genug ist, um von den Bewohnern der Erde gesehen zu werden. Da liegt eine ganze Welt von neuen Dingen vor uns, die unsere Neugierde herausfordern und den Entdeckern eine

Digitized by Google

Fülle von Arbeit an ihren Fernrohren für eine grofse Zahl von Jahren bieten. Diese Phänomene sind in der That so verschiedenartig, und sie weisen so viele Details auf, dafs man erst nach einer langen Reihe ernster und ausgedehnter Studien erkennen wird, was sich hier Regelmäfsiges wiederfindet. Dies ist das einzige Mittel, um sichere und einigermafsen wahrscheinliche Schlufsfolgerungen über die Ursachen dieser Veränderungen und die physische Konstitution des Mars zu ziehen."

„Man hat es sich nicht verhehlt, dafs solche Studien sehr grofsen Schwierigkeiten begegnen, wenn sie exakt und vollständig sein sollen. Einige dieser Veränderungen auf unserem Planeten Mars vollziehen sich langsam, wie beispielsweise die periodische Vergröfserung und Verkleinerung der leuchtenden polaren Schneegebiete. Die Phasen dieser Veränderungen sind verhältnifsmäfsig leicht zu verfolgen, aber es giebt noch Veränderungen anderer Art; die einen vollziehen sich in wenigen Tagen, die anderen treten fast ganz plötzlich von einem zum anderen Tage auf; so die räthselhafte Verdoppelung der Kanäle. Es giebt dort auch Erscheinungen, deren Periode deutlich von der jährlichen Umlaufszeit des Planeten abhängt."

Flammarion geht nun im Folgenden zu Rathschlägen für die Beobachtung des Mars über. Das fünfte Kapitel behandelt dann die Atmosphäre des Mars, seine Meteorologie und Klimatologie und die Bedingungen des Lebens auf demselben. Flammarion kommt dabei zu dem Schlusse: „Das Klima und die Lebensbedingungen auf dem Planeten Mars scheinen gegenüber denen auf der Erde so geringe Verschiedenheiten aufzuweisen, dafs lebende Wesen, die von den uns bekannten nicht allzu verschieden sind, dort leben könnten." Das nächste, sechste Kapitel behandelt die Jahreszeiten auf dem Planeten und stellt alle betreffenden Beobachtungen der Veränderungen der polaren Schneegebiete, sowie die wichtigeren theoretischen Untersuchungen, welche in dieser Hinsicht ausgeführt worden sind, und von denen wir auch in diesen Blättern gelegentlich gesprochen haben, zusammen.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von **F. K. Ginzel**, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

(Fortsetzung.)

III. Die Sonne.

Die Sonne ist nach den Kant-Laplaceschen Vorstellungen, wie in den früheren beiden Aufsätzen dargelegt worden ist, der eigentliche Urkörper, aus welchem das Sonnensystem hervorging. Sie bildet das Zentrum des ursprünglichen Nebular-Ellipsoides, dem die Planeten und Monde ihr Dasein verdanken. Aus den Nebelmassen um den Mittelpunkt bildete sich durch Verdichtung allmählich ein leuchtender Zentralkörper, die Sonne. Demgemäfs ist für Laplace die Sonne ein Körper, der im Uranfange jenen hellen, aus einem Kerne und einer Nebelhülle zusammengesetzten Gebilden des Himmels ähnelte, welche uns das Fernrohr zu Tausenden in den Tiefen der Sternenwelt erkennen läfst. In der Weise, wie dort durch Kondensirung die Kernnebel in Nebelsterne, d. h. in feste leuchtende Gestirne mit umfangreicher gasiger Atmosphäre, übergehen, hat sich auch durch Kondensirung aus dem Nebular-Ellipsoide die Sonne gebildet. Kant stellt sich vor, dafs an der Formirung des Sonnenballes vornehmlich die weniger dichten Partikel des ehemaligen, unser Sonnensystem erfüllenden Urstoffes theil genommen haben. Der dichtere, schwere Stoff sei hauptsächlich, da nur dieser zum völligen periodischen Umschwung um das Zentrum gelangen konnte, zur Bildung der Planeten aufgebraucht worden; die leichten, flüchtigen Theile, die am ehesten geeignet sind, einen flammenden Körper zu bilden, seien auf den Zentralkörper gestürzt. Demnach ist die Sonne ein Gestirn, welches seine Leuchtkraft durch diese feineren Stoffe erhalten habe und vielleicht auch jetzt noch erhalte. Es vollzieht sich also auf der Sonne ein Verbrennungsprozefs in Gegenwart von Luft, wie auf der Erde, nur in aufserordentlich grofsartigem Mafsstabe und begleitet von heftigem Emporsteigen und Herabstürzen der Verbrennungsprodukte. Man sieht auf der Sonne nach Kant „weite Feuerseen, die ihre Flammen gegen den

Digitized by Google

Himmel erheben, rasende Stürme, welche über die Ufer hinweg die höheren Gegenden mit Feuer überschwemmen, bald ausgebrannte Felsen, die aus den flammenden Schlünden ihre fürchterlichen Spitzen hervorstrecken, und deren Ueberschwemmung oder Entblösung vom wallenden Feuer das abwechselnde Erscheinen und Verschwinden der Sonnenflecken verursacht, dicke Dämpfe, die das Feuer ersticken, feurige Regengüsse u. s. f.".

Diese alten Ansichten über die Erhaltung der Sonne mögen heute, wo wir mittelst der Errungenschaften des Spektroskops und des Fernrohrs alle Aeufserungen der gewaltigen Sonnenthätigkeit klar zu übersehen im stande sind, ein Lächeln hervorrufen. Die Vorstellungen über die fortwährende Licht- und Wärmeentwickelung der Sonne, über ihren Selbsterhaltungsprozefs, wenn man so sagen darf, haben sich eben erst in den letzten dreifsig Jahren, in denen die Beobachtung der Sonne ein besonderer Zweig der Astronomie geworden ist, klarer gebildet. Dieser Selbsterhaltungsprozefs, nämlich auf welche Weise der Sonnenkörper ununterbrochen sein Licht und seine Wärme erzeugt, erscheint uns heute als eine wichtige Vorfrage nach der Entstehung der Sonne selbst; das Wesen dieses Prozesses mufs uns klar sein, bevor wir den Rückschlufs, wie die Sonne entstanden sein kann, daran knüpfen dürfen.

Würde auf der Sonne ein Verbrennungsvorgang im Sinne Kants stattfinden, so hätte, wie eine Rechnung zeigt, die Licht- und Wärmeentwicklung der Sonne schon nach 3000 Jahren zu Ende sein müssen. Die von ihr ausgestrahlte Wärme ist so grofs, dafs man auf jedem Quadratfufs ihrer Oberfläche per Stunde 1500 Pfund Kohle verbrennen müfste, um annähernd jenes Wärmequantum erzeugen zu können. Besteht die Sonne aus Stoffen, aus denen unsere Erde zusammengesetzt ist, so würde infolge der fortwährenden Ausstrahlung einer solchen Wärme die Temperatur der Sonne jährlich um 4 bis 8 Grad sinken, das heifst, in wenigen Jahrtausenden würde die Sonne, wenn auf keine Weise dieser Verlust kompensirt würde, ein völlig kalter, nicht mehr lichtspendender Körper sein. Bei Anwendung der Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie wird die fragliche Kompensirung des Wärmeverlustes der Sonne alsbald verständlicher. Zunächst leiteten folgende Betrachtungen den Arzt Robert Mayer auf eine Quelle jener Kompensation: Fällt ein Körper aus bedeutender Höhe auf die Erde, so geht die Bewegung, die der Körper beim Aufschlagen auf die Erde scheinbar verliert, auf seine Molekule über, und die Vibration der letzteren ist Wärmebewegung, die Bewegung ist beim Stofse in Wärme

Digitized by Google

umgesetzt worden. Derselbe Vorgang wie bei der Wirkung der Schwerkraft auf der Erde spielt sich in den Räumen des Universums bei den Wirkungen der Gravitationskraft ab. Nähern sich vermöge dieser Kraft einander zwei Massen mit wachsender Bewegung, und stofsen sie aufeinander, so wird die Bewegung durch den Stofs aufgehoben, aber gleichzeitig in Wärme umgesetzt, und zwar je nach dem Aequivalentverhältnifs von Wärme zu mechanischer Arbeit in höherem oder minderem Betrage. Es lag nun der Gedanke nahe, die Quelle der Wärmekompensirung der Sonne in den Millionen von Meteoriten zu suchen, welche im Sonnensysteme umherschwärmen. Da die mindeste Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper auf die Sonne fallen kann, 450 Kilometer in der Sekunde beträgt, so würde ein solcher stürzender Körper eine aufserordentlich hohe Temperatur erlangen müssen, und es ist erklärlich, dafs tausende, fortwährend auf die Sonne stürzende Meteoriten eine sehr ergiebige Quelle für Licht- und Wärmeproduktion abgeben könnten, zum Ersatze dessen, was die Sonne alljährlich durch Ausstrahlung verliert. Obwohl das Hineinfallen von Meteoriten in die Sonne annehmbar ist, ja möglicherweise jetzt noch in reichem Mafse stattfindet, läfst sich die Mayersche Theorie nach verschiedenen Einwendungen, die von W. Thomson und anderen erhoben worden sind, nicht halten. Die Sonne trägt in sich selbst schon Bedingungen, unter denen sie auf Millionen Jahre hinaus Licht und Wärme liefern kann. Wenn ein Gasball sich abkühlt und zusammenzieht, so wird er zugleich auch dichter, und durch die dabei stattfindende Verdichtungsarbeit wird jedesmal Wärme erzeugt. Bei der Sonne kennt man die jährlich ausgestrahlte Wärme, damit auch den jährlichen Kraftbetrag, und kann einen Schlufs aus dem Aequivalent gestrahlter Wärme machen, wie grofs die Zusammenziehung sein müfste, um jene Wärme wieder zu produziren. Helmholtz hat nun gezeigt, dafs die Kontraktion (Zusammenziehung) der Sonne genügt, die durch Strahlung verloren gegangene Wärme fast ganz zu ersetzen. Die Sonne braucht sich zu diesem Ende nur jährlich um 70 Meter im Durchmesser zusammenzuziehen oder in einem Jahrhundert etwa um 6 Kilometer kleiner zu werden. Vor 1000 Jahren würde also die Sonne um 60 Kilometer gröfser gewesen sein, und wenn wir in die Zeiten zurückgehen, wo die Gaskugel der Sonne so grofs war, wie jetzt das ganze Sonnensystem, so erhalten wir die Zeit, welche die Sonne bis zu ihrer gegenwärtigen Kontraktion gebraucht hat, immer vorausgesetzt, dafs jene Kontraktion in regelmäfsiger Weise erfolgt sei. Wir werden also schliefslich auf einen Gasball von geringer Dichte zurückge-

Digitized by Google

führt, der ungeheure Räume erfüllt, das heifst, wieder auf die Grundgedanken der Nebularhypothese. — Im ersten Aufsatze schon ist ein Naturgesetz, das Gesetz der Erhaltung der Kraft, genannt worden; dieses bestimmt, dafs der in der Natur vorhandene Kraftvorrath unveränderlich sei und weder vermehrt noch vermindert werden könne. Die Formen der Erscheinungen, unter welchen dieser Kraftvorrath auftritt, wechseln, aber das Quantum, die Energie des Weltalls, bleibt unveränderlich. „Alle Veränderung in der Welt besteht im Wechsel der Erscheinungsform der Energie. Hier erscheint ein Theil derselben als lebendige Kraft bewegter Massen, dort als regelmäfsige Oscillation in Licht und Schall, dann wieder als Wärme; bald erscheint die Energie in Form von Schwere zweier gegen einander gravitirender Massen, bald als Spannung und Druck elastischer Körper, als chemische Anziehung, elektrische Ladung oder magnetische Vertheilung. Schwindet sie in einer Form, so erscheint sie sicher in einer anderen." In eben dem aufgeführten frühern Aufsatze haben wir nach Helmholtz auseinandergesetzt, dafs der gröfste Theil der ehemaligen Energie des Sonnensystems gegenwärtig in Wärme verwandelt ist, dafs aber ein stetiger Verlust von Wärme für unser System stattfindet, indem ein Theil der Wärme, welcher den Körpern des Sonnensystems nicht zu gute kommt, in den unendlichen Weltraum gestrahlt wird; und ferner wurde hervorgehoben, wie unter der Herrschaft des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft in unendlich dünnen Nebelmassen durch den Zusammenstofs kleinster Theilchen Wärme erzeugt und der Impuls zur Bildung von Weltkörpern gegeben worden ist. Vermöge jenes Gesetzes wird uns also auch die Vergangenheit und die Zukunft der Sonne verständlicher, wenn wir auf die Folgerungen aus der Kontraktions-Theorie Rücksicht nehmen. Allerdings entbehren die Schlüsse in Bezug auf die Beantwortung der Frage, was aus der Sonne einst werden soll, noch sehr der Sicherheit, da beim weiteren Zusammenziehen der Sonne ein Fallen oder Steigen der Temperatur sehr von der Konstitution des Innern der Sonne abhängt, und da wir gegenwärtig noch im Zweifel darüber sind, ob wir schon zur Annahme eines sich dem festen nähernden Zustandes berechtigt sein dürfen oder an der Vorstellung eines gasförmigen, oder glühendflüfsigen Sonneninnern festzuhalten haben. Im allgemeinen werden wohl die Zustandsänderungen der Sonne, die sehr wahrscheinlich von den flüssigen zu den festen fortschreiten, eine Abnahme der Wärme herbeiführen. Man schätzt, dafs infolge von Kontraktion die Sonne in etwa fünf Millionen Jahren die Hälfte ihres jetzigen Volumens ein-

Digitized by Google

nehmen und dann wohl auch bereits der Periode des Uebergangs in den festen Zustand nahe gerückt sein wird. Auf mehr als zehn Millionen Jahre hinaus dürfte die Wärme der Sonne kaum mehr dazu ausreichen, um das, was wir auf Erden Leben nennen, zu erhalten.

Es wurde schon angedeutet, dafs von der Sonnenenergie nur ein sehr kleiner Theil der Erde zu gute kommt; thatsächlich ist es nur der verschwindende Betrag von einem 225-Millionstel der Sonnenstrahlung, welcher von den Planeten unseres Systems in Anspruch genommen wird, der weitaus gröfsere Theil wird in den Weltraum hinausgestrahlt und geht für uns wenigstens (nicht für das Weltall) verloren. Diese Erscheinung im Haushalte der Natur, wo sonst eine weise Ausnützung aller Kraft geübt wird, ist auffällig. William Siemens hielt eine so weitgehende Verschwendung der Energie ohne regelmäfsigen Wiederersatz in der Natur für unmöglich und meinte, die Sonne möge wohl auf irgend eine Weise im stande sein, aus sich selbst den schliefslich zum Bankerott führenden Verlust zu decken. Die sogenannte Regenerativtheorie der Sonne[1]), die er zur Erklärung vorschlug, stützt sich darauf, dafs im Weltenraume Wasserdampf und Kohlenstoffverbindungen in sehr dünnem Zustande vorkommen. Wenn nun diese Materien vermöge der rotirenden Wirkung der Sonne von den Sonnenpolen aus nach dem Aequator getrieben werden, und zwar in ununterbrochenem Kreislaufe, so werden sie ihre eigene Energie in Gestalt von Licht und Wärme abgeben, und indem sie vom Aequator in den Raum fortgeschleudert werden, trennen sie sich als weiter nicht verbrennbare Stoffe von der Sonne. Kohlensäure und Wasser können aber, wie experimentell nachgewiesen werden kann, und wie wir auch in der Natur wahrnehmen, durch die Sonnenstrahlen zerlegt werden. Bei der Trennung der Theilchen erlangen diese wiederum neue Energie und werden fähig, sich unter Licht- und Wärmeproduktion zu vereinigen. Auf diese Weise, durch den Einsaugungs- und Fortschleuderungsvorgang auf der Sonne, die damit in Verbindung stehende Zerlegung und Wiedervereinigung der Materie, arbeitet der Sonnenkörper in stetem Kreislaufe, etwa wie ein Regenerativofen, und verlängert so die Erhaltung seiner Energie in fernste Zeiten. Siemens hat seine Theorie vielen Einwendungen von Thomson, Morris, Hunt, Hirn, Archibald, Faye gegenüber, geschickt vertheidigt, ohne freilich damit gewichtige Bedenken definitiv aus dem Felde geschlagen zu haben.

[1]) William Siemens: Ueber die Erhaltung der Sonnenenergie. Eine Sammlung von Schriften und Diskussionen. 1885.

Digitized by Google

Bei der Darlegung der verschiedenen Ansichten über die Entstehung und Forterhaltung der Sonne können die zum Theil sehr merkwürdigen Ergebnisse nicht übergangen werden, zu denen Ritter in seinen mathematisch-physikalischen Untersuchungen über die Konstitution gasförmiger Weltkörper gelangt ist. Die Ritterschen Rechnungen fufsen auf der Betrachtung des Verhaltens einer Gaskugel, die sich im indifferenten Gleichgewichtszustande befindet und dem Mariotteschen Gesetze unterworfen ist. Irgend eine Atmosphäre eines gasförmigen Weltkörpers befindet sich im „indifferenten Gleichgewichtszustande", wenn die Temperatur darin mit zunehmender Höhe nach demselben Gesetze abnimmt, nach welchem die Temperatur eines aufsteigenden Gastheilchens abnehmen würde; nach jeder Störung sucht sich jenes Gleichgewicht, welches als das normale eines Gases betrachtet werden kann, wieder herzustellen, gleichviel, in welchem Anfangszustand es sich befunden hat. Die Grundbedingungen, welche die Ritterschen Untersuchungen verlangen, werden allerdings bei den Weltkörpern nur ausnahmsweise erfüllt sein, und die darauf sich gründenden Resultate unterliegen demgemäfs verschiedenen astronomischen Bedenken; der rein wissenschaftliche Werth dieser Arbeiten bleibt indessen unbestritten. Wir haben hier von den Resultaten nur jene hervorzuheben, die auf die Sonne Beziehung haben. In dieser Hinsicht hat Ritter in seiner 19. Abhandlung darauf aufmerksam gemacht, dafs die Meteoriten als Erhalter der Sonnenwärme (wenn auch zugegeben werden mufs, dafs sie für den gegenwärtigen Sonnenzustand nicht zureichen) in entlegenen Zeiten eine weit wichtigere Rolle gespielt haben können, als man bisher anzunehmen geneigt war. Für frühere Epochen ist bei der Sonne ein gasförmiger Zustand und die näherungsweise Giltigkeit des Mariotteschen Gesetzes wahrscheinlich. Die Wärme, die beim Eindringen von Meteoriten in die Erdatmosphäre entwickelt wird, stellt sich, wie Ritter mittelst der Theorie des Stofses aus dem Grundprinzipe der mechanischen Wärmetheorie darhut, viel höher, als man mit Schiaparelli annimmt. Während nach Letzterem bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 72 Kilometern pro Sekunde diese Wärmezunahme etwa 40000 Grad beträgt, findet Ritter bei derselben Geschwindigkeit der Meteoriten die enorme Temperatur von 3 700 000 Grad, und bei der Annahme hyperbolischer Bahnlinien würde man zu noch höheren Wärmegraden gelangen. Bei der Möglichkeit solcher Temperaturen gewinnt die Voraussetzung, dafs die Sonne ehemals, während ihrer Ausbildungszeit, durch an und für sich vielleicht mäfsige Meteoritenschwärme doch eine sehr wesentliche Zu-

Digitized by Google

fuhr an Wärme erhalten habe, wieder etwas Boden. Ritter hat ferner (in seiner 2. Abhandlung) untersucht, welche Aenderungen die Temperatur und die Gröfse eines gasförmigen Weltkörpers erleiden, wenn von aufsen her eine Wärmezuführung oder Wärmeentziehung stattfindet. Er findet, dafs bei einem die Sonne umkreisenden Körper der Zustand dieses Weltkörpers ein unveränderter bleiben würde, im Falle er während jedes Umlaufs eben so viel Wärme von der Sonne empfängt, als er selbst ausstrahlt; dafs seine Temperatur aber steigen würde, wenn die Ausstrahlung zunimmt, und dafs eine Abkühlung eintritt, wenn die ihm von der Sonne zukommende Wärme überwiegt. Aus den Rechnungen in Verbindung mit gewissen von Tyndall erhaltenen Resultaten würde das eigenthümliche Ergebnifs folgen, dafs die von der Sonne jährlich der Erde zugesandte Wärmequantität trotz des gegenwärtig fortschreitenden Wärmeverlustes der Sonne in stetigem Zunehmen begriffen ist, und in Bezug auf die Sonne selbst, immer die Hypothese des indifferenten Gleichgewichtszustandes vorausgesetzt, dafs die Wärme des Sonneninnern nicht ab- sondern vielmehr zunimmt. Die von der Sonne bei ihrer Zusammenziehung erzeugte Wärme würde keineswegs, wie wir früher haben annehmen müssen, durch Strahlung verloren gehen, sondern nur 20 Prozent gingen verloren, während 80 Prozent auf die Erhöhung der Sonnentemperatur verwendet würden. Was die Kontraktion der Sonne selbst anlangt, so berechnet Ritter, unter Festhaltung an der Auffassung der Sonne als einer im indifferenten Gleichgewicht befindlichen Gaskugel, die jährliche Zusammenziehung des Sonnenhalbmessers auf 92 Meter, und die Temperatur des Sonneninnern, wenn die Sonne ganz aus reinem Wasserstoff bestehend gedacht wird, auf 31 Millionen Grad Celsius.

Die weitere Verfolgung des Verhaltens einer in Kontraktion befindlichen Gaskugel, welche isoplerisch, d. h. deren Dichtigkeit durchaus als gleich grofs gedacht wird, leitet Ritter auf zwei verschiedene Bewegungen, die dabei auftreten und sich gegenseitig kompensiren, nämlich Zusammenziehung und Ausdehnung, welche an und für sich durch die Gravitationskraft und innere Wärme hervorgebracht werden würden. Während der Expansion nimmt die innere Wärme ab, und die Expansion erreicht ihr Maximum, wenn die Wärme den Bedingungen des Gleichgewichts der Gaskugel entspricht. Die Expansion setzt sich dann noch, langsamer werdend, fort, und wenn sie zum Stillstand kommt, ist die innere Wärme mittlerweile zu klein geworden, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten. Es tritt nun die Kontraktion der Gaskugel ein, anfangs beschleunigt, später verzögert,

Digitized by Google

und das Zusammenschrumpfen hört auf, wenn ein Ueberschufs innerer Wärme aufzutreten beginnt; darauf steigt die Expansion wieder, und so fort. Es folgen also Expansionen und Kontraktionen in gewissen Perioden aufeinander, und ein solcher gasförmiger Weltkörper befindet sich grofse Zeiträume hindurch in einer Art pulsirender Bewegung, bestehend in periodisch wechselndem Anschwellen und Zusammenschrumpfen des ganzen Balles. Wenn man nun annimmt, dafs der Urzustand des Sonnensystems, wie ihn die Kant-Laplacesche Theorie verlangt, ein äufserst dünner bis zur Neptunbahn sich ausdehnender Gasball war, der seinerseits durch den Zusammenstofs mehrerer Weltkörper entstand, so war in der Urzeit jener Gasball infolge des Zusammenstofses mit einem grofsen Ueberschusse von innerer Wärme ausgestattet. Der Gasball begann sich deshalb rasch auszudehnen, die Expansion wuchs über die Grenze hinaus, bei welcher die allmählich kleiner gewordene innere Wärme ausreichte, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten. Es trat alsbald die schon beschriebene Pulsation ein, und die Expansionen wechselten so lange mit Kontraktionen ab, bis sie durch die fortwährend zunehmende Dichte schliefslich zum Stillstand kamen. So entstand nach Ritter die Sonne. Die Periode der Pulsationsdauer (von einer Expansion zur anderen) würde bei der Sonne, wenn sie anfänglich bis zur Neptunbahn gereicht hat, mehr als 340 Jahre betragen haben. In seinen weiteren Untersuchungen versucht Ritter zu zeigen (10. Abhandlung), dafs im Weltraume in einem Sternhaufen, der kugelförmig ist, und dessen Sterne alle eine gleich grofse Masse besitzen, zwei gegeneinander sich bewegende Körper oder kosmische Wolken schon eine beträchtliche Geschwindigkeit erlangen können, bevor sie in den Bereich ihrer gegenseitigen Attraktion treten. Besitzen solche Wolken die entsprechende Dichte, so kann selbst eine urprünglich geringe Anfangsgeschwindigkeit hinreichen, um beim Zusammenstofse beider Schwärme ein Wärmequantum zu erzeugen, das die ganze Masse alsbald in eine auf grofse Entfernungen hin sich ausdehnende Gaskugel verwandeln würde. Durch zwei solche mit einer mäfsigen Anfangsgeschwindigkeit gegen einander sich bewegende Meteoritenschwärme oder kosmische Staubwolken kann man sich also den ursprünglichen Gasball der Sonne entstanden denken. Sollten sich mehrere Kugeln, aus unendlicher Entfernung kommend, durch Zusammenstofs vereinigt haben, so mufste das Aneinanderprallen aller gleichzeitig erfolgt sein, was an und für sich schon unwahrscheinlich ist. Einige durch gröfsere Zeiträume getrennte, also nach einander erfolgende Vereinigungen hätten nur

Digitized by Google

einen kleinen Gasball schaffen können, da hiebei zu viel Wärme durch die Ausstrahlung verloren gehen mufste. Der Gasball der Sonne würde, wenn ehemals nur $^1/_{100}$ der Verdichtungswärme verloren gegangen ist, nicht bis zur Merkurbahn sich haben ausdehnen können. — An die Expansions- und Kontraktionsvorgänge des werdenden Sonnenballes würden sich allmählich jene Thätigkeitserscheinungen gereiht haben, die wir gegenwärtig zum Theil an der Sonne, nämlich auf deren Oberfläche, wahrnehmen. Ritter leitet diese Phänomene, nothwendiger Weise unter weiteren theoretischen Annahmen, aus seinen früheren Voraussetzungen ab und kommt zu hypothetischen Ergebnissen über das Wesen der Sonnenflecken und Fackeln, sowie der Erscheinungen der Sonnenphotosphäre überhaupt. (12., 13., 14. und 15. Abhandlung.) Hiernach finden heftige Strömungen von der Oberfläche nach innen und von dem als sehr dicht vorausgesetzten Innern nach aufsen statt. Heifse Massen steigen empor, während kalte versinken, und je gröfser die Temperaturdifferenz dieser in fortwährender Bewegung befindlichen Massen ist, desto gröfseren Helligkeitsunterschied zeigen die uns zur Sichtbarkeit gelangenden Strömungen; es erscheinen auf der Oberfläche dunkle und helle Flecken, und die „Granulation" der Sonne (die bekannten „Poren", „Lichtkörner") ist das allgemeine Resultat jener Bewegung. Wenn sich während eines labilen Gleichgewichtszustandes eine Menge Substanz vereinigt, verdichtet und, nachdem sie eine beträchtlichere Dichte als die umgebenden Massen erlangt hat, abgekühlt in das Innere stürzt und infolge der allmählich sich vollziehenden Temperaturausgleichung in bedeutendere Tiefe gelangt, so wird uns diese Bewegung als gröfserer Sonnenfleck sichtbar. Ueberwiegt beispielsweise die Dichte der sinkenden Masse jene der Umgebung um das fünffache, so würde dort, wo die Temperatur der sinkenden Theile 6000 Grad ist, die Temperatur ihrer Umgebung 30000 Grad betragen, wodurch sich die Helligkeitsunterschiede der Flecken gegen die angrenzenden Gebiete erklären. Der die Flecken vielfach umgebende „Hof" (Penumbra) würde als Projektion der nach oben trichterförmig sich erweiternden äufseren Bewegungsfläche des hinunterstürzenden Stromes zu deuten sein, die radialen Streifen der Penumbra als die an der Grenzfläche in den Trichter mit hinabgerissenen Theile der umgebenden photosphärischen Masse. Wie Ritter wahrscheinlich zu machen sucht, wird durch die auf der Sonne stattfindende Wärmeausstrahlung eine genügende Quantität von verdichteter Substanz erzeugt, um für die beständig sinkenden Ströme verdichteter Massen die erforderliche Massenzufuhr zu liefern. Die

Digitized by Google

Protuberanzen sind das Resultat gewisser theilweiser Temperaturausgleichungen, die in irgend welchen beschränkten Theilen der Gaskugel stattfinden. Wenn bei hoher Temperatur und beträchtlicher Dichte eine Wärmeübertragung auf die äufseren Schichten hin erfolgt, so geschieht diese Uebertragung im allgemeinen gleichmäfsig, indem die ganze Kugel anschwillt; sind aber die Ursachen solcher Zustandsänderung nur auf gewisse Theile im Innern der Kugel beschränkt, so können sehr heftige partielle Anschwellungen eintreten, und Massen von sehr hoher Temperatur können weit emporgetrieben werden. Ritter findet, dafs die Photosphäre und die sich uns darbietenden Erscheinungen sich sehr wohl aus den Zuständen einer idealen Gaskugel erklären lassen, und dafs es nicht nöthig ist, in den Flecken, Fackeln u. s. w. verschiedenartige Kondensationsprodukte zu sehen, wie es die neueren Sonnentheorien zumeist thun. — Die Strömungen im Innern der Sonne haben nach Ritter übrigens eine andere Erscheinung zum Gefolge, über deren Erklärung gegenwärtig noch recht verschiedene Meinungen herrschen: die Strömungen sind nämlich an den Polen der Sonne, wo die bedeutendste Ausstrahlung herrscht, am intensivsten, weshalb dort keine Sonnenflecken erscheinen können; zugleich aber üben diese heftigen Bewegungen dort eine verzögernde Wirkung auf die Rotationsbewegung der Oberflächenschicht, wodurch die beobachtete Thatsache erklärt wird, dafs die Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen Breitegraden der Sonne verschieden und gegen die Pole hin langsamer ist, überdies wahrscheinlich mit der Vertheilung und jeweiligen Zahl der Flecken in einem Zusammenhange steht. Auch Faye führt die Ursache der Verlangsamung der Sonnenrotation in den höheren Breiten auf Strömungen zurück, die vom Innern aus die Photosphäre speisen. Nach ihm bewirkt die verschieden schnelle Rotation der Oberflächenschicht indessen im Innern die Abplattung einzelner Schichten und abnorme Lagerungsverhältnisse derselben, was schliefslich zu einer Ausgleichung und Umlagerung führt und alsbald eine regelmäfsigere Rotation zuwege bringt. Das unaufhörliche Spiel der Strömungen regulirt nun wieder die Schichten des Innern und erzeugt abermals eine Verlangsamung der Rotation. Demgemäfs trägt die Umdrehungsgeschwindigkeit der Sonne einen periodischen Charakter und steht mit der Periodizität der Flecken in unmittelbarem Zusammenhange. Die Epoche dieser wechselnden Strömungen ist nach Faye für die Sonne und überhaupt für jeden werdenden Stern die Zeit des Licht- und Wärmespendens, in welcher die Existenz einer leuchtenden Photosphäre der Gestirne an das Vor-

Digitized by Google

handensein jener Strömungen geknüpft ist. Sind Dichte- und Temperaturveränderungen in hinreichendem Mafse eingetreten, so hören die Strömungen allmählich auf, die Epoche der Abkühlung ist erreicht, und das Gestirn steht an der Schwelle der ersten geologischen Phase.[2])

In den Grundannahmen mit den Ritterschen Hypothesen verwandt, in der Ausführung aber sehr von denselben abweichend, ist die schon im ersten Aufsatze in den Hauptzügen aufgeführte Kollisionstheorie von Pater Braun. Nach derselben ist die Sonne, respektive der ursprüngliche Gasball des Sonnensystems ebenfalls, wie bei Ritter, das Resultat einiger Zusammenstöfse von Weltkörpern. Erfolgten mehrere Kollisionen in excentrischer Richtung, so entwickelte sich aus ihnen eine Rotation des Hauptballes. Das thatsächliche Vorhandensein einer in den verschiedenen Breitenzonen der Sonne schnelleren oder langsameren Rotation führt Braun ganz auf die Ursache solcher ehemaligen Vereinigungen von Körpern verschiedener Geschwindigkeit zurück. Braun meint, dafs die obersten Schichten der Sonnenoberfläche wesentlich schneller rotiren als die tiefer liegenden, dafs, während auf eine mittlere Rotation von 25 Tagen geschlossen werden darf, die der inneren Sonne vielleicht doppelt so grofs sein könne, und dafs wahrscheinlich allmählich eine Ausgleichung der Verschiedenheit der inneren und äufseren Rotation zu stande kommen werde. Das Produkt der kosmischen Zusammenstöfse war ein Gasball von hoher, von aufsen nach innen steigender Temperatur, der sich in stabilem Gleichgewicht befand. Da die äufseren Gasschichten einer starken Ausstrahlung unterlagen, und eine jähe Unterbrechung der Temperatur statthatte, senkten sich erkaltete Schichten in das Innere, stiefsen auf solche von gröfserer Dichte, und andere, viel heifsere stiegen aufwärts. Solchen Vorgängen war die ganze Sonne mit ihren Gashüllen lange Zeit unterworfen, am intensivsten die Photosphäre, weniger die darüber liegenden schweren Metalldampfschichten. Bei fortwährend steigender Temperatur stellten sich die konstanten Strömungen ein, von denen auch Ritter und Faye sprechen. Sie bilden gegenwärtig immer noch die „Granulation" der Sonnenoberfläche, und

[2]) In neuerer Zeit hat Wilsing die Periodizität der Sonnenflecken durch Gleichgewichtsstörungen zu erklären versucht; es treten im Sonneninnern bei der Zusammenziehung der Sonne Massenverschiebungen ein, die periodisch wieder ausgeglichen werden. Die Sonnenrotation ist der Rest einer ursprünglichen Strömung. Der innere Kern rotirt wahrscheinlich regelmäfsig, in der Hülle aber wechseln die Geschwindigkeiten; die bedeutende Reibung zwischen Hülle und Kern suche die Verschiedenheit der Rotation auszugleichen; eine völlige Gleichförmigkeit sei vor 2 Mill. Jahren nicht zu erwarten.

Digitized by Google

zwar die aufsteigenden die hellen, die niederstürzenden die dunklen Punkte des „Netzwerkes“ der Photosphäre. Bei einer Temperatur von wahrscheinlich 60 000 Grad und enormem Druck gelangten die abgekühlten Massen bis zur Photosphäre nicht mehr als Gase, sondern als Kondensationsprodukte von Kohlenstoff, Bor, Silicium. Die Metalldämpfe bildeten und bilden noch jetzt dichte Schichten, über denen sich das leichte Wasserstoffgas lagert. Letzteres Gas befindet sich fortwährend in heftigster Bewegung; es ist gewissermafsen der Leiter, durch welchen die Wärme- und Lichtabgabe nach aufsen hin erfolgt. Die Metalldämpfe können nicht selten bis in die Wasserstoffatmosphäre hinein geschleudert werden, wodurch Theile derselben auf eine fast doppelt hohe Temperatur erhitzt werden können und grofse Wasserstoff-Protuberanzen aufsteigen. Eine sehr wesentliche Rolle spielt bei diesen Eruptionen der starke Auftrieb der Gase. Die Metalldampf-Protuberanzen entspringen bedeutenden Tiefen und überbieten infolge des in diesen Tiefen herrschenden enormen Druckes an Schnelligkeit die Wasserstofferuptionen. Sie steigen bis zu aufserordentlicher Höhe, erhalten hier eine energische Abkühlung und sinken langsam abwärts, wobei sie die Photosphäre durchbrechen: es entstehen Sonnenflecken. Die Flecken halten sich, bis keine Metalldämpfe mehr über die Photosphäre sich erheben. Die nachdrängende Photosphäre füllt den Raum aus, indem sie bisweilen zahlreiche kleine Wellenberge, die Fackeln, bildet. Haben sich unter der Photosphäre sehr umfangreiche überhitzte Schichten gebildet, so entstehen Hebungen der Photosphäre, gröfsere Fackeln, die nach oben drängen und eine heftige Eruption vorbereiten. In dieser Weise setzt sich gegenwärtig die Ausbildung der Sonne fort. Ihre Temperatur nimmt, da sie das Maximum der Verdichtung noch nicht erreicht hat, immer noch zu. Braun berechnet, dafs die Strahlung der Sonne in der gleichen Intensität wie bisher noch 6 bis 8 Millionen Jahre anhalten dürfte. Gleichwohl ist eine zunehmende Vermehrung der Kondensationsprodukte, ein Fortschreiten zur Erstarrungs- und Krustenbildungsepoche sehr wahrscheinlich und dann ein schliefsliches Erlöschen der Sonne unvermeidlich. Die Sonne würde darauf Revolutionen und geologische Epochen durchmachen müssen, wie einst unsere Erde. Die Planeten des Systems würden inzwischen, da ihnen alle Wärme entzogen ist, völlig vereisen. Gegen jede Möglichkeit, die Thätigkeit der Sonne auf unbegrenzte Zeiten hinaus zu verlängern, wie die Siemenssche Regenerativhypothese, oder gegen die Du Prelsche Ansicht, welche aus dem Zusammenstofse der erkalteten Planeten neue Körper und

Digitized by Google

neue Weltsysteme im ewigen Kreislaufe entstehen läfst, verwahrt sich Pater Braun sehr heftig. Sein „christlicher" Standpunkt verlangt die Aufhebung alles Bestehenden.

Wir konnten in unseren Auseinandersetzungen der zahlreichen, über die Konstitution der Sonne aufgestellten Theorien nicht ausführlich gedenken, sondern mufsten uns auf jene beschränken, welche über die Kosmogonie der Sonne selbst Ueberblicke geben. Im allgemeinen dürfte die Entstehung und Ausbildung der Sonne auch derzeit noch mit den Kant-Laplaceschen Annahmen, sofern man nämlich die Entwicklung aus einem Gasballe voraussetzt und die veralteten Seiten der Nebularhypothese nicht in Anrechnung bringt, vereinbar oder doch aus ihnen ableitbar sein. Die Ansichten über die Vergangenheit und Zukunft der Sonne von Helmholtz, Newcomb, Faye und die von Zöllner, welche allgemeiner gehalten sind und die Entwicklung der Gestirne überhaupt treffen (und welche wir später noch anführen werden), haben also gegenwärtig mit mehr oder minderen Einschränkungen immer noch Giltigkeit. Nicht mehr in Betracht zu ziehen sind jene Hypothesen, welche noch den Sonnenball als festen dunklen Körper, umgeben von einer Lichtsphäre, ansehen, wie beispielsweise jene von Friedrich Weifs (1860), welche das Lichtmeer der Sonne aus transversalen Schwingungen des Weltäthers entstehen läfst, die der Aether infolge der an der Sonnenoberfläche herrschenden grofsen Schwere auszuführen genöthigt sei. —

Digitized by Google

Berichtigung zu dem Artikel: „Ueber die Ringbildung als Auflösungsprozefs".

In meine auf Seite 333 ff. dieses Jahrgangs veröffentlichten Betrachtungen über die Ringbildung hat sich leider ein ziemlich wesentlicher Irrthum oder doch eine sinnverwirrende Unklarheit eingeschlichen. Das blofse Uebergewicht der Anziehungskraft des Hauptkörpers über die des Satelliten genügt selbstverständlich noch nicht, um einen freien Körper dem letzteren zu entführen, was aus meinen Darlegungen leicht hervorgehen könnte. Die Thatsache, dafs der Satellit eine geschlossene Bahn um den Hauptkörper beschreibt, beweist ohne weiteres, dafs der Schwerkraft die Zentrifugalkraft, wie es überall im Planetensystem der Fall ist, genau die Wage hält: Der ganze Satellit, also auch jeder freie Körper auf demselben, fällt eben bereits um den nöthigen Betrag zum Hauptkörper hin. Man wolle in dieser Hinsicht noch einmal lesen, was ich Seite 335 schrieb: „Ein frei beweglicher Gegenstand auf der Oberfläche des neuen Mondes mufs sofort von ihm hinweg nach dem Jupiter hin fliegen, sobald sich letzterer über den Horizont erhebt". Hierdurch wurde, wenn auch bedauerlicherweise recht unklar, ausgedrückt, dafs es sich bei dieser Erscheinung nur um die Differenz der Anziehungskräfte handeln konnte, welche der Hauptkörper auf den entferntesten und auf den nächsten Punkt des Satelliten ausübt, also um eine Art von Fluthanziehung. Denn da ich später immer nur von der Bildung eines Ringes in der Entfernung des Satelliten spreche, habe ich doch offenbar niemals ein eigentliches Fallen, ein Näherrücken der losgelösten Theile eintretend gedacht. Die angezogene Stelle zeigt ferner, dafs ich eine Rotationsbewegung des Trabanten um seine Axe als vorhanden angenommen habe, welche von seiner Revolutionszeit verschieden ist, weil nur in diesem Falle der Hauptkörper für den Satelliten auf- und untergehen kann. Diese für einen so nahen Körper nicht sehr wahrscheinliche Annahme komplizirt die Frage noch weiter,

Digitized by Google

und es ist mir zweifellos zur Last zu legen, dafs ich dieselbe nicht eingehend genug mathematisch prüfte. Dies ist nun inzwischen in dankenswerther Weise von den Herren Professoren Schiaparelli und Seeliger und von unserem Herrn Dr. Schwahn geschehen. Diese Untersuchungen führten in naher Uebereinstimmung mit einander zu dem Resultat, dafs ein Satellit, dessen Durchmesser im Vergleich zu dem des Hauptkörpers klein, und dessen Dichte der des ersteren gleich ist, die Möglichkeit, als solcher zu existiren, erst verliert, wenn sein Abstand vom Hauptkörper kleiner ist als 2,1 Halbmesser des letzteren. Da nun der neue Mond 2,7 Jupiter-Halbmesser von ihm absteht, ist die kritische Entfernung hier noch nicht erreicht; der Mond wird also infolge der Schwerkraft allein sich nicht auflösen können, obgleich er sich recht nahe an der Grenze möglicher Stabilität befindet. Die Saturnringe liegen dagegen innerhalb der angegebenen Zone, und die in meinem Artikel hierüber gemachten Schlufsfolgerungen bleiben also unberührt. Was aber die Auflösung jener am betreffenden Orte angeführten Monde anbetrifft, so müfste man dafür zu kleinen Anfangsgeschwindigkeiten seine Zuflucht nehmen, welche bei der Losreifsung durch ungleiche Erwärmung, Expansions- oder Explosionskraft, oder auch durch Störungen der übrigen Jupitermonde hervorgerufen werden konnten. In der That, bewegt irgend eine noch so geringe Kraft einen freien Körper auf der Oberfläche eines solchen nahen Mondes in einer zur Bahnebene tangentialen Richtung fort, so mufs, da das Theilchen nur eine sehr geringe Schwere gegen den Satelliten hin besitzt, diese Bewegung vom Nebenkörper hinweg unter gewissen Umständen beständig andauern, das heifst aber nichts anderes, als solche Theilchen bilden einen Ring um den Hauptplaneten. Dieser Prozefs aber wird, weit bevor der Satellit die vorhin angegebene kritische Entfernung erreicht hat, beginnen.

Resumiren wir also noch einmal: Ein freier Körper auf dem in meinem ersten Aufsatze genannten Satelliten hat zwar, wie dort angegeben, unter den gemachten Voraussetzungen keine Schwere gegen den letzteren hin, verläfst denselben aber doch nicht ohne weiteres, wie es dort angenommen wurde; er mufs vielmehr, wenigstens so lange sein Abstand vom Hauptplaneten noch gröfser ist als 2,1 Halbmesser des letzteren, eine Anfangsgeschwindigkeit besitzen, welche ihn von der Oberfläche hinwegtreibt. Ist dagegen die Entfernung kleiner, als soeben angegeben, so erfolgt die Zertrümmerung ohne weiteres durch die Anziehungskraft des Hauptkörpers allein. Der neue Jupitermond befindet sich nur wenig aufserhalb jener Grenze.

Digitized by Google

Hätte ich frühzeitig genug übersehen, (was wohl meine Pflicht gewesen wäre) dafs diese Frage sich so komplizirt herausstellen würde, so hätte ich den Artikel überhaupt nicht in unserer Zeitschrift erscheinen lassen dürfen, da wir ja Hypothetisches niemals zu bringen pflegen, ehe es nicht das Urtheil der Fachkreise passirt hat. Nun war allerdings leider nichts Anderes möglich, als noch einmal darauf zurückzukommen.

Dr. M. Wilhelm Meyer.

Zur Frage nach der Rotationsdauer der Venus, die seit Schiaparellis von uns im zweiten Bande (S. 534) besprochener Veröffentlichung vom Jahre 1890 noch nicht wieder zur Ruhe gekommen ist, hat Trouvelot im vorigen Jahre einen höchst beachtenswerthen Beitrag geliefert, und Wislicenus[1]) unterzog kürzlich sämtliche von Schiaparelli, Perrotin, Terby, Löschardt, Niesten und Trouvelot während der letzten drei Jahre über diesen Gegenstand bekannt gewordenen Untersuchungen[2]) einer gründlichen, vergleichenden Kritik, durch welche die sich vielfach widersprechenden Ansichten der genannten Forscher eine wesentliche Klärung erfahren dürften.

Wislicenus sieht zunächst mit Löschardt das Hauptverdienst der Schiaparellischen Arbeit in deren kritischem Theil, der mit alten, eingewurzelten Irrthümern definitiv aufräumt und die Frage nach der Rotationsdauer der Venus von neuem in den Vordergrund des Interesses stellt. Weniger glücklich erscheint Schiaparellis Versuch, auf Grund eigener Beobachtungen in Verbindung mit einigen gleichzeitigen und älteren Zeichnungen anderer Forscher die fragliche Rotationsdauer neu zu bestimmen. Denn Wislicenus weist, ebenso wie Löschardt es früher gethan, überzeugend nach, dafs Schiaparellis Begründung der Annahme einer langsamen, mit der Umlaufszeit des Planeten nahe übereinstimmenden Periode keine zureichende ist.

Auch der Umstand, dafs Perrotin und Terby die Ansicht Schiaparellis durch ihre Beobachtungen bestätigt gefunden zu haben glauben, fällt nicht schwer ins Gewicht. Denn Perrotins Beobachtungen, die nach dessen eigenen Worten zum Zwecke einer solchen

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellsch. 27. Jahrg. Heft 4.
[2]) Vgl. Himmel und Erde, II, S. 230; III, 285 f.

Digitized by Google

Bestätigung unternommen worden sind, haben den Verdacht nicht völliger Unbefangenheit gegen sich; aufserdem steht fest, dafs Perrotin in kurzer Zeit Veränderungen im Aussehen der Venusscheibe wahrgenommen, die er nur nicht für reell hält. Leider macht die zu geringe Ausführlichkeit der Nizzaer Publikation eine erschöpfende Beurtheilung der Behauptungen Perrotins unmöglich. — Terbys Zeichnungen hat dagegen Wislicenus einer Ausmessung unterzogen, auf Grund deren er durch Rechnung nachweisen konnte, dafs dieselben besser mit einer fast genau 24 Stunden dauernden, als mit einer 200-tägigen Rotationszeit in Uebereinstimmung zu bringen sind.

Von den Schiaparelli bekämpfenden Arbeiten ist die Löschardtsche im wesentlichen eine negative Kritik, die durch einige Zeichnungen der Venus erhärtet wird, ohne dafs aus letzteren eine Rotationsperiode abgeleitet würde. Wislicenus weist auch an diesen Zeichnungen durch sein vereinfachtes Rechnungs-Verfahren nach, dafs sie sehr wohl einer Periode von rund 24 Stunden entsprechen. — Die Arbeit von Niesten leidet an demselben Fehler, wie die Perrotins, sie bietet nicht hinreichendes Einzelmaterial zur eigenen Prüfung der Folgerungen des Verfassers seitens des Lesers. Vor allem erscheint hier auch die Anwendung der sicher falschen de Vicoschen Periode von 23 h. 20 m. zur Reduktion der Beobachtungen als unzweckmäfsig.

Trouvelots umfangreiche Studie besitzt nach Wislicenus zweifellos unter allen oben erwähnten die gröfste Bedeutung in Bezug auf die Entscheidung der vorliegenden Frage. Der Verfasser kommt dabei, ebenso wie Wislicenus, zu dem Schlusse, dafs die Umdrehungszeit der Venus nicht viel von 24 Stunden abweicht. — Im übrigen berichtet Trouvelot auch über merkwürdige, von ihm gemachte Wahrnehmungen bezüglich des wechselnden Aussehens der Lichtgrenze und der Venushörner, durch die alte Beobachtungen von Schröter, Beer und Mädler wieder zu Ehren kommen würden. Zeitweilig auftretende glänzende Lichtpunkte nahe den Hörnern führen Trouvelot nämlich zu der Schröterschen Vermuthung hoher Eisberge in der Nähe der Venuspole zurück, deren Spitzen über die wolkigen Schichten der Venusatmosphäre hinausragen sollen. Auch bestätigt Trouvelot die schon früher von anderen gemachte Wahrnehmung, dafs sich die unbeleuchtete Venushälfte mitunter nicht hell, sondern im Gegentheil dunkel gegen den umgebenden Himmelsgrund abhebe. F. Kbr.

Digitized by Google

Konversations-Lexikon. 5. gänzlich neubearbeitete und vermehrte Auflage. Heft 1—3. Leipzig und Wien, Bibl. Institut. 1893.

Auf keinem anderen Gebiete zeigen sich die segensreichen Wirkungen der Konkurrenz so deutlich, wie auf dem der Konversationslexika, wo es sich thatsächlich um den Wettkampf von Brockhaus und Meyer handelt. Kaum hatte das erstgenannte Verlagsinstitut seine neueste Auflage begonnen, die das altbewährte Brockhaussche Lexikon namentlich hinsichtlich des Reichthums an Bildern, jenem so verführerischen Anziehungsmittel aller Bücher, dem hierin vorausgeeilten „Meyer" nachbringen sollte, da erscheint auch letzterer nach nur dreijähriger Pause mit einer neuen, fünften Auflage, welche gerade in dem bezeichneten Punkte alles bisher Dagewesene wieder weit übertrifft. Wohl mögen viele die Illustrationen als entbehrliches Flitter-Beiwerk geringschätzen; für die naturwissenschaftlichen Fächer — und von deren Gesichtspunkt aus können wir hier das Werk nur beurtheilen — sind sie fast ebenso wichtig, wie die Gediegenheit des Textes. Einige Zahlen mögen nun eine Anschauung davon geben, welcher Fortschritt in dieser Beziehung mit der vorliegenden, fünften Auflage in Aussicht steht. Dieselbe wird etwa 10 000 Textabbildungen (gegen bisher 3600), sowie 950 Tafeln (gegen 550 der vierten Auflage) enthalten, der Illustrationsschatz wird sonach reichlich verdoppelt sein. Für einige Fächer sei noch die Zahl der Tafeln, im Vergleich mit den (eingeklammerten) für die vorige Auflage geltenden angeführt: Völkerkunde 32 (8), Zoologie 165 (95), Botanik 105 (47), Mineralogie 40 (30), Technologie 90 (44) u. s. w. In den ersten drei Heften finden sich z. B. folgende vortreffliche, neue naturwissenschaftliche Tafeln: Farbendrucke: Arktische Fauna, Apfelsorten, Geologie der Alpen, Aequatorial-Afrika (1 : 13 000 000), Geschichte Amerikas; Holzschnitte: Antilopen, Ahorne.

In gleich durchgreifender Weise ist aber auch der Text revidirt, vervollständigt und neu bearbeitet worden. Vergleicht man z. B. den Artikel „Afrika" der neuen Auflage mit dem der vorigen, so zeigt sich derselbe so gut wie vollständig neu gestaltet. Der Mitarbeiter hat sich da nicht auf blofse Hinzufügung neuer Forschungsergebnisse beschränkt, sondern hat andererseits die Darstellung vielfach in übersichtlichere Form gebracht und überflüssige Detailangaben mit gutem Geschick derart gekürzt, dafs das für den eigenartigen Kontinent Charakteristische noch schärfer hervortritt.

Nach alledem können wir jedem Interessenten nur rathen, bei etwaiger Anschaffung des Meyerschen Lexikons die neue Auflage zu wählen, wenn auch deren Vollendung einige Jahre in Anspruch nehmen wird. F. Kbr.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde

Ueber den Diamant.

Von Dr. W. Luzi in Leipzig.

(Schlufs.)

Auch im elektrischen Bogenlichte hat man den Diamant auf sein Verhalten geprüft. Es hat sich dabei im allgemeinen folgendes ergeben. Wird er zwischen die in Kohlestifte endenden Pole einer äufserst kräftigen galvanischen Batterie gebracht, so glüht er mit einem Lichte, das die Augen nicht zu ertragen im stande sind, er bläht sich auf, zertheilt sich und ist nach dem Erkalten in eine metallglänzende graue Masse umgewandelt, welche dem Koks aus gewissen fetten Steinkohlen gleicht. Im speziellen beobachteten Jacquelain, dafs er dabei koksartig wird, Despretz, dafs er im elektrischen Flammenbogen zu kleinen Kügelchen schmilzt und sich in Graphit verwandelt (d. i. wohl sicher Graphitit) und Gassiot, dafs er sich darin um das acht- bis zehnfache seines ursprünglichen Volumens aufbläht, dabei glasartig, weifs, undurchsichtig und auch manchmal kohleartig wird.

Ist also, wie wir sahen, der Diamant auf trocknem Wege, beim Erhitzen unter Zutritt von Sauerstoff oder Luft, nicht allzu schwer verbrennlich, so gelingt es auch auf nassem Wege, ihn in Kohlensäure zu verwandeln. Wird er im pulverisirten Zustande mit chromsaurem Kalium und Schwefelsäure auf circa 180—230° C. erhitzt, so wird er durch den von diesem Oxydationsgemische abgegebenen Sauerstoff vollständig verbrannt. Auch noch in anderer Beziehung verdient er seinen Namen „Diamant", welcher von ἀδάμας, unbezwingbar, abgeleitet ist, nicht. Die Hülfsmittel der modernen Chemie haben dem „Unbezwingbaren, Ewigen" seinen alten Nimbus genommen und gezeigt, dafs seine Substanz auf verschiedene Weise angreifbar und umwandelbar ist. So stellte neuerdings W. Luzi fest, dafs es sogar eine Art Auflösungsmittel für den Diamant giebt. Luzi fand nämlich, dafs das Gestein, in welchem sich

Digitized by Google

in Südafrika die Diamanten finden, der berühmte sog. „blue ground", die Fähigkeit besitzt, im geschmolzenen Zustande den Diamant magmatisch zu resorbiren, d. h. zu verzehren. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Das Gestein wurde in einem Fourquignon-Leclercqschen Gebläseofen bei der höchst erreichbaren Temperatur, circa 1770° C., eingeschmolzen. Sodann wurde der mit vollkommen glatten (natürlichen) Flächen versehene Diamant in dasselbe tief eingebracht, der Tiegel wieder verschlossen und ungefähr 20 bis 30 Minuten stärkste Hitze gegeben. Wurde dann nach dem Erkalten der Diamant aus dem erstarrten Gestein herausgenommen, so war derselbe auf seiner Oberfläche mit unregelmäfsig — bis länglich — runden, oft auch halbkugelförmigen Narben oder Höhlungen von verschiedener Gröfse bedeckt. Einmal war ein Diamantkrystall auf einer Seite so tief angefressen, dafs die Höhlung bis fast zur entgegengesetzten Fläche reichte, d. h. dafs der Diamant fast durchlöchert war; der Krystall hatte das Aussehen eines hohlen Zahnes bekommen. Solche magmatisch korrodirten Krystalle gleichen in Bezug auf die Korrosionserscheinungen magmatisch resorbirten Hornblenden, wie sie sich so häufig in Basalten finden. — Es ist die Kenntnifs der Thatsache, dafs der Diamant durch einen Silikatschmelzflufs von der Zusammensetzung des blue ground resorbirt wird, wohl geeignet, Vermuthungen über die Art und Weise seiner Entstehung zuzulassen.

Dafs man im stande ist, mit Diamant Eisen zu kohlen und so in Stahl zu verwandeln, wurde, wie bereits angeführt, schon am Ende des vorigen Jahrhunderts von Guyton de Morveau gezeigt. Genauer wurde dieser Vorgang 1885 von W. Hempel untersucht, welcher dabei das interessante Resultat feststellte, dafs Diamantpulver schon bei einer beträchtlich niedrigeren Temperatur in das Eisen übergeht und sich in demselben als amorphe Kohle auflöst. Während letztere erst zwischen 1385 und 1420° C. anfängt, das Eisen zu kohlen, thut dies der Diamant schon bei 1160° C. — Also auch hier tritt wieder eine mindere Beständigkeit desselben gegenüber den anderen Kohlenstoffmodifikationen zu Tage.

Hempel weist nun auf die Analogie hin, welche zwischen dem angeführten Verhalten des Diamanten und amorphen Kohlenstoffes einerseits und den Eigenschaften der entsprechenden Phosphormodifikationen, dem farblosen und dem amorphen Phosphor andererseits, besteht. Der farblose Phosphor ist löslich in Schwefelkohlenstoff, der amorphe nicht, der farblose Kohlenstoff des Diamants löst sich im Eisen bei 1160° C., der amorphe nicht. Der amorphe Phosphor geht bei

Digitized by Google

einer bestimmten Erhitzung in den farblosen über, der amorphe Kohlenstoff wird durch Erhitzen auf 1400° C. löslich in Eisen, er zeigt also dann Eigenschaften des weifsen Kohlenstoffes. — Auch Platin vermag Diamant aufzunehmen. Schrötter stellte z. B. folgenden Versuch an. Ein Diamant wurde in ein dünnes Platinblech eingewickelt und sodann, in Magnesiapulver etc. luftdicht verpackt, dem Starkbrande des Porzellanofens ausgesetzt. Beim Oeffnen des Tiegels zeigte sich, dafs der Diamant an seiner Oberfläche durch eine rufsähnliche Masse leicht geschwärzt und auch im Innern von schwarzen Streifen durchzogen war. Das Platin war zu einem Tropfen zusammengeschmolzen und hatte, wie die Untersuchung ergab, Kohlenstoff aufgenommen, während der Diamant an Gewicht verloren hatte. Was die Einwirkung noch anderer Reagentien auf Diamant anbetrifft, so ist darüber folgendes anzuführen. Schwefeldampf greift den Diamant bei 1000° C. an (indem sich Schwefelkohlenstoff bildet). Wird Diamant in geschmolzenes kohlensaures Kalium resp. Natrium, welches auf eine hohe Temperatur erhitzt ist, eingetragen, so wird er schnell aufgezehrt, wobei er Kohlenoxyd liefert.

Die im Vorstehenden angeführten Experimentaluntersuchungen über das Verhalten des Diamanten waren die wichtigen und uns hier am meisten interessirenden, da aus ihnen jedenfalls einmal Schlüsse über die Entstehung desselben auf unserer Erde gezogen werden können. Andere Arbeiten, welche dies wohl nicht ermöglichen, wie solche über krystallographische und optische Eigenschaften etc., müssen wir — als fernerstehend — übergehen. Auch von den geologischen Verhältnissen, unter denen der Diamant auftritt, kann hier aus Mangel an Raum ausführlicher nicht gesprochen werden. Es sei darüber nur kurz folgendes bemerkt. Die tellurischen Diamanten treten in verschiedenen Trümmergesteinen auf, so dafs man ihr eigentliches Muttergestein, d. h. dasjenige, in welchem sie entstanden sind, noch nicht kennt. Sie finden sich in Betten von Flüssen, im angeschwemmten Lande, in Sanden, Kiesen, Seifen, Geröllen, in Sandsteinen und Glimmerquarziten sowie in Breccien und Tuffen.[2]) Alle diese Gesteine sind, wie schon gesagt, sog. klastische oder Trümmergesteine, d. h. ein Material, welches erst infolge

[2]) Unter Breccien versteht man Felsarten, welche aus eckigen, nicht abgerollten und abgerundeten Bruchstücken von Mineralien oder Gesteinen, die durch irgend ein Bindemittel zusammengehalten werden, bestehen; Tuffe sind Gesteine, deren Material in Form von vulkanischen Auswurfsprodukten (als Asche, Lapilli etc.) durch Eruptionen geliefert, oft noch durch Wasser zusammengeschwemmt, geschichtet und zum Theil stark zersetzt wurde.

Digitized by Google

Zerstörung anderer Felsarten entstanden ist. Es ist begreiflich, dafs eben der Umstand, dafs die Diamanten immer in klastischem Gesteinsmateriale auftreten, die Beantwortung der Frage nach dem Wo und Wie ihrer Entstehung aufserordentlich erschwert. Findet man den Diamant z. B. in einer Kiesablagerung, nun, so ist anzunehmen, dafs er darin nicht entstanden, sondern bei deren Absatz durch die Gewässer mit hineingeschwemmt worden ist. Aber woher, aus welchen Gesteinen stammt er denn nun eigentlich?

Es sind besonders die Untersuchungen, welche über die (im Jahre 1867 entdeckten) Diamantlagerstätten in Südafrika angestellt wurden, die darauf hindeuten, dafs das ursprüngliche Auftreten der Diamanten an plutonische Erscheinungen geknüpft ist. Für eine künftige Klarstellung der Genesis des Diamanten in der Natur sind ohne Zweifel als bisher am bedeutungsvollsten die Untersuchungen zu betrachten, welche E. Cohen über die südafrikanischen Diamantlagerstätten angestellt hat. Dieser Forscher konstatirte folgendes. Die Diamanten finden sich in den River Diggins, d. h. zusammen mit den Geröllen der Flüsse und in den Dry Diggins. Diese letzteren sind kraterförmige Löcher, welche senkrecht in die Tiefe gehen. Sie sind mit einem Gesteine ausgefüllt, welches man als einen umgewandelten Tuff eines in der Tiefe vorhandenen Eruptivgesteines anzusehen hat. Diese senkrechten Kanäle sind also wirkliche Krater. Aufser dem Tuffe enthalten dieselben auch Bruchstücke des Nebengesteins. (Das Nebengestein, also das Gestein, welches von den Kanälen durchsetzt wird, besteht aus Schiefern, Sandsteinen sowie einem Eruptivgestein, nämlich Lagern von Diabas.) Die Diamanten kommen nur in dem Tuffe vor. Ebenfalls zu der Auffassung, dafs die Diamanten in Südafrika in einem durch vulkanische Thätigkeit entstandenen Gesteine sitzen, leiten folgende Angaben von Winklehner. Die Felsart, in der die Diamanten sich befinden, bildet Gangmassen, welche die triasische Karooformation durchsetzen. Die dieselben enthaltenden Kanäle sind oben trichterförmig erweitert, und die ersteren ragen wie flache Hügel über das Nebengestein hinaus. Ihrer Zusammensetzung nach sind diese Gänge bildenden Gesteine eine Serpentinbreccie, welche jedoch viele Bruchstücke anderer Gesteine enthält. Sie ist in der Nähe der Oberfläche infolge Verwitterung gelbbraun, in gröfseren Tiefen, also im frischeren Zustande, aber blaugrün gefärbt. Diese tieferen Parthieen der diamantführenden Breccie sind der berühmte „blue ground". Es ist von grofsem Interesse, dafs sich in diesem Gesteine aufser unverletzten Diamantkrystallen auch Bruch-

Digitized by Google

stücke von solchen finden und zwar manchmal von einer Gröfse, dafs man schliefsen mufs, dafs einzelne der ursprünglichen, ganzen Krystalle bis 500 Karat (1 Karat = circa 205 mgr) schwer gewesen sind. Wahrscheinlich hat man es hier mit zerdrückten, zerquetschten Diamantkrystallen zu thun; der Akt der Zerdrückung, der ja die Einwirkung einer gewaltigen Kraft voraussetzt, dürfte beim Emporbrechen des Eruptivgesteines stattgefunden haben.

Weiter ist noch zu erwähnen, dafs mikroskopische Untersuchungen, welche C. Lewis mit dem südafrikanischen diamantführenden Serpentingestein vornahm, ebenfalls zu dem Resultate führten, dasselbe sei ein — durch Verwitterung umgewandeltes — Eruptivgestein. Der eben genannte Forscher macht nun darauf aufmerksam, dafs meist da, wo Diamanten gefunden werden, auch Serpentin in der Nähe ist, so aufser in Südafrika auf Borneo, in Neusüdwales, im Ural, in Nord-Carolina und Nord-Kalifornien. Aus diesem Grunde ist nach Lewis wohl anzunehmen, dafs das wirkliche Muttergestein der Diamanten der Erde Serpentin ist, welcher durch Umwandlung eruptiver Peridotite (das sind vorwaltend aus Olivin bestehende Gesteine) entstand. Auch nach Untersuchungen, welche von Knop angestellt wurden, ist das Muttergestein der in den Diamantfeldern von Jagersfontein in Südafrika vorkommenden Diamanten ein Serpentintuff.

Dafs die Entstehung des Diamanten in irgend einer Weise mit plutonischen Erscheinungen, mit Vorgängen, welche sich bei höheren Temperaturen und hohen Drucken in den tieferen Schichten der Erde abspielten, verknüpft ist, darauf deutet auch das in letzter Zeit konstatirte Vorkommen dieses Minerals in Meteoriten hin. Dieselben mufs man als Bruchstücke grofser Himmelskörper ansehen, wobei es wahrscheinlich ist, dafs die meisten derselben aus den tieferen Schichten der betreffenden kosmischen Gebilde herrühren, da diese ja den Hauptheil der Gesamtmasse ausmachten.

Es war schon seit längerer Zeit bekannt, dafs in meteorischen Massen manchmal Graphit auftritt. So beobachtete Haidinger in dem Meteoriten von Arva in Ungarn Graphit und zwar eigenthümlicher Weise in regulären Krystallformen, während doch dieses Mineral eigentlich hexagonal ist. Auch die Meteoriten von Youndegin (Westaustralien) und Cosby Creek enthielten, wie Fletcher fand, reguläre, aus Graphit bestehende Krystalle. Fletcher glaubte, dafs dieser Graphit gewissermafsen eine besondere Modifikation der gewöhnlichen, hexagonal krystallisirenden darstelle, und nannte ihn „Cliftonit". Nach einer älteren, zuerst von Gustav Rose ausgesprochenen Anschauung

Digitized by Google

hat man es jedoch hier mit Afterkrystallen, mit Pseudomorphosen von Graphit nach Diamant zu thun, d. h. also, es soll sich hier um eine Umwandlung von Diamantkrystallen in Graphitkohlenstoff handeln. In der Abhandlung, welche letzterer Forscher 1872 in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin verlas, und welche die vorn beschriebenen Versuche über das Verhalten des Diamanten beim Erhitzen zum Gegenstande hat, findet sich der Passus:

„Diese Form (nämlich die Krystallgestalt der Graphitpseudomorphosen) ist aber eine nicht ungewöhnliche beim Diamant, und so könnte es wohl sein, dafs die Pseudomorphosen in dem Meteoreisen von Arva aus Diamant entstanden sind; eine Hypothese, die Wahrscheinlichkeit haben würde, wenn man in den Meteoriten schon Diamanten gefunden hätte, was nicht der Fall ist."

Nun, Diamanten hat man jetzt in Meteoriten auch gefunden, sogar in eben diesem von Arva haben neuere, von Brezina und Weinschenk angestellte Untersuchungen das Vorkommen wirklichen Diamantkohlenstoffes bewiesen. Weiter fand man in dem am 4. September 1886 bei Nova Urei in Rufsland gefallenen Meteoriten, welcher vorwiegend aus Nickeleisen und Magnesiasilikaten (darunter viel Olivin) besteht, ungefähr ein Prozent eines feinen schwarzen Staubes von der Härte und der chemischen Zusammensetzung des Diamanten. In Arizona, bei Cañon Diablo, entdeckte man 1891 eine grofse Anzahl meteorischer Eisenmassen, zahlreiche Trümmer einer oder mehrerer Meteoriten. Ein Bruchstück, welches durchschnitten wurde, wies im Innern einen Hohlraum auf, in dem sich neben schwarzer, körnig-pulveriger Kohle und einem Eisenkarburet kleine, schwarze Diamanten fanden, die Korund mit gröfster Leichtigkeit ritzten. Durch Behandeln des Eisenkarburetes (d. i. eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff) mit Säure wurde auch ein farbloser Diamantkrystall zu Tage gebracht. Wie Friedel in der am 9. Dezember 1892 abgehaltenen Sitzung der société chimique de Paris mittheilte, hat auch er in einem Meteoreisen von Arizona Diamanten in Form kleiner schwarzer, Korund ritzender Körner nachgewiesen. Dieselben hinterblieben als unlöslicher Rückstand bei der Behandlung des Meteoriten mit einer Säure. Dafs man es wirklich mit Kohlenstoff zu thun hatte, also die chemische Natur der Körner, wurde durch Verbrennen derselben im Sauerstoffstrome ermittelt.

Schliefslich liegt auch noch eine Untersuchung von Moissan vor, welcher in dem (übrigens nicht homogenen, sondern aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzten) Meteoriten von Cañon Diablo aufser schwarzem Diamant, einer „braunen Kohle" und Graphit, durchsichtigen

Digitized by Google

Diamant fand. Nach einer Angabe von Friedel sind die Partikelchen dieser durchsichtigen meteorischen Diamanten allerdings nur von mikroskopischer Kleinheit.

Der als Experimentalgeologe allgemein bekannte französische Gelehrte Daubrée hat nun den Versuch gemacht, darzulegen, dafs zwischen dem Auftreten des Diamanten in Meteoriten einerseits und der Art des Vorkommens dieses Minerals in den vorhin besprochenen südafrikanischen Fundstätten andererseits Analogien bestehen.

Auch Daubrée glaubt, dafs das Muttergestein der in Südafrika vorkommenden Diamanten, jene an Magnesiasilikaten reiche Gesteinsbreccie, eruptiver Natur sei. Die Begleiter des Diamanten in derselben sind die Mineralien Granat, Glimmer, Diopsid, Enstatit, Wollastonit, Diallag, Zirkon, Ilmenit, Chromit, Rutil, Korund, Apatit; ferner Fragmente von Gesteinen, nämlich von Granit, Pegmatit und Schiefer. Dafs der Diamant nicht da, wo er sich jetzt findet, also in der Breccie, entstanden sein kann, beweist das (vorhin erörterte) Vorkommen von einzelnen Krystallbruchstücken desselben. Daubrée ist der Ansicht, dafs der Diamant zusammen mit der ihn bergenden Eruptivbreccie dem Erdinnern entstamme. Dem letzteren aber dürfte eine den Meteoriten — zum Theil wenigstens — analoge Zusammensetzung zukommen. Der diamantführende Meteorit von Novo Urci besteht, wie schon angegeben, vorwiegend aus Nickeleisen und Olivin, sowie anderen Magnesiasilikaten; der Meteorit von Arva enthält Enstatit, Augit, Tridymit, Nickeleisen, Graphit und Diamant[3]). Wie nun der in unserer Erdrinde sonst so verbreitete Olivin ein fast unzertrennlicher Begleiter des meteorischen Nickeleisens ist, so nähert wiederum die Gegenwart des Diamanten in den Meteoriten diese kosmischen Vorkommnisse mit Bezug auf Zusammensetzung den terrestrischen Diamantlagern. Ein weiteres Glied in der Kette dieser Analogieen bilden die von A. Nordenskiöld aufgefundenen tellurischen Nickeleisenmassen von Ovifak auf der Insel Disko (Grönland). Dieselben finden sich, von Graphit begleitet, in einem Dolerit, also in einer im wesentlichen aus triklinem Feldspath, Augit, Olivin und Magnetit bestehenden eruptiven Felsart (Basaltvarietät) eingeschlossen, die aufserdem Olivinknollen, Korund und Spinell enthält. Der Graphit in diesem Eruptivgestein beweist nach Daubrée das Vorkommen von Kohlenstoff im Erdinnern. (Es ist allerdings nach manchen Mineralogen noch nicht vollständig gewifs,

[3]) Es sei bemerkt, dafs ganz neuerdings Moissan angiebt, auch in der südafrikanischen Breccie Graphit gefunden zu haben.

Digitized by Google

ob die erwähnten Nickeleisenmassen wirklich irdisches, durch den Basalt aus der Tiefe mit emporgerissenes oder vielleicht auch erst aus dem geschmolzenen Basalt ausgeschiedenes Eisen repräsentiren, oder ob dieselben nicht vielleicht — was allerdings unwahrscheinlicher ist — von einem während der Eruption des feurig-flüssigen Gesteinsmagmas hineingestürzten Meteoritenschwarm herrühren.) Wenn man nun weiter einerseits die Seltenheit der Diamant enthaltenden Ablagerungen auf der Erdoberfläche, andererseits die relative Häufigkeit desselben in den nur zufällig von uns gefundenen, aus den Himmelsräumen niederfallenden Weltkörpertheilchen, deren Masse im Vergleich zu der unserer Erde so überaus gering ist, berücksichtigt, so wird man nach Daubrée's Ansicht zu dem Schlusse hingeleitet, dafs auch die inneren Theile unseres Planeten dieses geheimnifsvolle Mineral in grofser Menge bergen müssen. Die Eruptivkanäle Südafrikas, welche, obwohl im horizontalen Durchschnitt kaum 30 ha Flächenraum einnehmend, so viele Millionen von Diamantkrystallen heraufgebracht haben, würden dann den Reichthum ahnen lassen, welcher uns wohl stets verborgen und unzugänglich bleiben wird. —

So wären wir denn an das Gebiet der Hypothesen über die Entstehung des Diamanten herangetreten, um einen Augenblick bei ihnen zu verweilen. Dieselben können nur eine kurze Betrachtung rechtfertigen, denn keine darf als befriedigend gelten. Sie sind zum gröfsten Theile ohne Berücksichtigung der neueren Feststellungen über das Verhalten und das Auftreten des Diamanten aufgestellt. Es liegt dies daran, dafs die meisten dieser Anschauungen nicht erst in jüngster Zeit entstanden sind.

Manche Forscher neigen sich der Ansicht zu, dem Diamanten einen organischen Ursprung zu geben; so betrachtete vor allem Justus Liebig den Diamant als das Endprodukt einer kohligen Vermoderung organischer Substanzen. Dieselbe müfste allerdings unter ganz besonderen, uns gänzlich unbekannten Bedingungen erfolgt sein. Es ist als feststehend zu betrachten, dafs der Graphit das wirkliche Endprodukt des Verkohlungsprozesses ist — der sichere Beweis dafür, dafs in der Natur schön krystallisirter Graphit aus Kohlen resp. kohligen Substanzen entstanden ist (und zwar unter dem Einflusse der Kontaktmetamorphose), wurde 1891 von R. Beck und W. Luzi erbracht —; dafs aber jener Prozefs mit der Hervorbringung des Diamanten endigte, dafür hat man auch nicht das allergeringste Anzeichen. Göppert folgerte aus sandkornähnlichen Eindrücken, die sich an Diamanten dann und wann finden, derselbe müsse ursprünglich weich gewesen

Digitized by Google

sein, und ferner glaubte dieser Forscher aus manchen vereinzelt auftretenden „algenartigen“ Einschlüssen den vegetabilischen Ursprung dieses Minerals erwiesen zu haben. Göppert spricht sich in einer 1868 erschienenen Abhandlung klar dahin aus, dafs von ihm die „Bildung des Diamanten auf nassem Wege, aus Zersetzungs-Prozessen anorganischer und organischer Stoffe“ nachgewiesen sei. Der Diamant soll sich anfänglich in einem weichen amorphen Zustande befunden haben. Aus dieser Bildungsepoche stamme der Ursprung der von Brewster und von Göppert selbst beobachteten Spalten und Blasen, ferner die sandkornähnlichen Hohldrücke auf der Oberfläche einiger Diamanten, sowie die negativen Krystallformen oder Eindrücke auf anderen Diamantkrystallen. Weiter führt Göppert als Beweis für die ursprüngliche Weichheit der Diamanten von ihm nachgewiesene „Diamantdrusenbildung“ an; die unklare Beschreibung derselben verhindert aber, zu erkennen, was eigentlich darunter zu verstehen ist. Aus dem amorphen Zustande soll sich dann der Diamant allmählich erhärtend krystallinisch abgesondert haben. Bei der Abscheidung der weichen Diamantmasse konnten nun, wie Göppert meint, sehr leicht Pflanzenreste verschiedener Art in dieselbe hineingerathen und später von den inzwischen gebildeten Krystallen eingeschlossen werden. So soll einst in die Diamanten pflanzliches Gewebe, welches jetzt noch in denselben vorhanden und nachzuweisen sei, hineingelangt sein. In einem Diamantkrystall fand Göppert z. B. eine sehr grofse Zahl von exakt runden, gleichmäfsig grüngefärbten Körnchen von 0,0135 mm Gröfse, in einem andern ebenfalls grüne, weniger rundliche Körnchen, die oft kettenartig aneinander hingen etc. Er bezeichnet diese Bildungen als „Algenformen“ resp. „niederen Algen verwandte Formen“ und meint, dafs, wenn auch nicht überall der bestimmte Abschlufs der Form so entschieden hervortrete, man sich darüber bei der unendlich weichen Struktur dieser mikroskopischen Pflänzchen gar nicht wundern dürfe. Beistehende, aus der diesbezüglichen Abhandlung von Göppert entnommene Abbildung (Fig. 3) giebt eine solche von ihm im Diamant beobachtete „Algenform“ (bei 300facher Vergröfserung) wieder.

Nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse über den Diamant ist die Göppertsche Deutung dieser Einschlüsse als organische Gebilde eine irrthümliche zu nennen. Grüngefärbte Einschlüsse oder Partieen sind in Diamanten öfters wahrgenommen. So beobachtete Luzi in einem aus Brasilien stammenden Krystalle grüngefärbte Stellen, welche sich bei starker Vergröfserung als nicht weiter auf-

Digitized by Google

lösbare, grüne, wolkige Partieen ohne irgend eine bestimmte Form oder Umgrenzung erwiesen. Die übrigen Argumente, welche Göppert für den ehemals weichen und amorphen Zustand des Diamanten und für die Bildung desselben auf nassem Wege beibringt, sind ebenfalls nicht beweisend, da die diesbezüglichen Erscheinungen auch anders gedeutet werden können.

Eine der eben erläuterten ganz entgegengesetzte Ansicht über die Entstehung des Diamanten hat Göbel ausgesprochen. Derselbe glaubt, dafs bei hohen Temperaturen Alkalimetalle auf kohlensaure Salze eingewirkt und diese reduzirt haben, wobei Diamantkohlenstoff ausgeschieden worden sei. Diese Hypothese hat auch nicht die Spur von

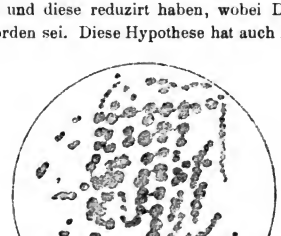


Fig. 3.

Wahrscheinlichkeit für sich. Erstens ist die Annahme des Vorhandenseins freier Alkalimetalle in der Natur gänzlich unzulässig, und zweitens wissen wir, dafs, wenn man diese Metalle mit kohlensauren Salzen in Reaktion bringt, aus letzteren gewöhnlicher schwarzer amorpher Kohlenstoff ausgeschieden wird. Nach der Annahme von Favre ist der Diamant aus Chlorverbindungen des Kohlenstoffes reduzirt worden; Rossi und Chancourtois glauben, dafs er aus Kohlenwasserstoffen durch einen langsamen Oxydationzprozefs entstand, bei welchem sich der Wasserstoff und ein Theil des Kohlenstoffes oxydirten, während der übrige Kohlenstoff als Diamant krystallisirte. Simmler sprach die Vermuthung aus, er möge durch Krystallisation des Kohlenstoffes aus seiner Lösung in flüssiger Kohlensäure sich gebildet haben, ohne aber nachzuweisen, ob der Kohlenstoff überhaupt in flüssiger Kohlensäure löslich ist. Nach Griffiths soll der Diamant aus einer Lösung in überhitztem Wasser unter hohem Drucke entstanden sein. Nun ist

Digitized by Google

aber gerade der Kohlenstoff ein in Wasser vollkommen unlöslicher Körper, und es liegt auch kein Anzeichen vor, dafs er in überhitztem Wasser irgendwie löslich sei. R. Smit glaubt, dafs die in dem südafrikanischen Diamantgestein vorhandenen Diamanten während oder nach dessen Eruption unter der Einwirkung hoher Temperatur und starken Druckes aus organischer Substanz entstanden sind. Nach A. Knop kann sich der Diamant vielleicht auf folgende Weise gebildet haben. Es wirkt im Innern der Erde Wasser auf kohlenstoffhaltiges Eisen ein, wobei Eisenoxydul und Kohlenwasserstoffe entstehen. Die letzteren können dann vielleicht Zersetzung in der Weise erleiden, dafs sich dabei Kohlenstoff in Form von Diamant abscheidet.

Der französische Mineraloge Friedel ist (oder war wenigstens noch vor einigen Jahren) der Ansicht, dafs der Diamant sich nicht bei sehr hohen Temperaturen gebildet haben kann. Er fand nämlich, dafs die vorhin erwähnten grüngefärbten Partieen, welche man zuweilen in brasilianischen Diamanten beobachtet, bei der Temperatur des siedenden Cadmiums braun werden, und kam daher zu dem Schlusse, dafs dieselben bei einer Temperatur entstanden sein müssen, welche unterhalb der des siedenden Cadmiums (d. i. unterhalb 772° C.) liegt. Dem ist aber zu entgegnen, dafs die grüne Materie sich ja auch erst nach längst erfolgter Abkühlung der bei irgend einer hohen Temperatur entstandenen Diamanten in denselben gebildet haben (oder vielleicht auch in dieselben hineingelangt sein) kann, und dafs ferner nicht ausgeschlossen sein dürfte, dafs die infolge Erhitzens der Diamanten über 772° C. braun gewordenen Partieen im Laufe gröfserer Zeiträume — durch Oxydation oder Wasseraufnahme — wieder ihre grüne Farbe annehmen. — Uebrigens ist jüngst auf künstlichem Wege Diamantkohlenstoff, wie wir gleich sehen werden, gerade mit Hülfe sehr hoher Temperatur hergestellt worden.

Es sind nun auch zahlreiche Versuche gemacht worden und werden jetzt noch gemacht, den Diamanten künstlich herzustellen. Die in unseren Tagen dieses Problem bearbeitenden Forscher haben ihre Bemühungen allerdings meist geheim gehalten. Verfasser hat aber von mehreren Mineralogen erfahren, dafs sie sich mit Experimenten zur Diamantherstellung befassen.

Oft ist es vorgekommen, dafs dieser oder jener behauptete, den Diamanten wirklich hergestellt zu haben; indessen hat es sich hinterher in der Regel bald herausgestellt, dafs die betreffende Angabe auf Irrthum beruhte. So wurde von Lionnet mitgetheilt, dafs er Kohlenstoff in Form von Diamant erhalten habe, als er Schwefelkohlenstoff

Digitized by Google

dadurch zersetzte, dafs er ihn mit einem spiralförmig mit Zinnfolie umwickelten Platinblech zusammenbrachte. Auf andere Weise wollte Despretz künstliche diamantartige Krystalle von Kohlenstoff hergestellt haben. Im luftleeren Raume wurde zwischen einem aus reiner Zuckerkohle gefertigten Zylinder und einem Büschel aus Platindrähten etwa 30 Tage lang ein durch einen Induktionsstrom hervorgebrachter elektrischer Lichtbogen unterhalten. Darnach zeigte sich an den Platindrähten ein Absatz von Kohle, welcher unter dem Mikroskop stellenweise krystalline Beschaffenheit wie durchscheinende Oktaëderfragmente erkennen liefs. Künstliche Diamanten, welche Mactear hergestellt haben wollte, zeigten sich, wie bald darauf von N. St. Maskelyne nachgewiesen wurde, als aus irgend welchen Silikaten bestehend. Schliefslich möge die sich jetzt noch in Lehrbüchern herumtreibende Angabe von J. B. Hannay erwähnt werden. Derselbe wollte durch Einwirkung gewisser Metalle, besonders von Magnesium, auf Kohlenwasserstoffe bei Gegenwart beständiger Stickstoffverbindungen in der Rothgluth und unter hohem Drucke Kohlenstoff in Form von Diamant sicher erhalten haben. Indessen lag auch hier ein Irrthum vor. Einer der besten Kenner der synthetischen Mineralogie, Bourgeois, schreibt in seinem mehrere Jahre später erschienenen Werke „Reproduction artificielle des minéraux" über diesen Gegenstand: „Nous citons ici cette espèce (nämlich den Diamant) seulement pour mémoire; elle n'a jamais été reproduite même à l'état submicroscopique et les conditions de sa formation sont absolument inconnues. Nous n'aurons donc à enregistrer que des essais infructueux." „Tout récemment M. M. Mactear et Hannay ont annoncé, dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences, avoir obtenu des produits cristallins identiques au diamant en décomposant des substances organiques en vase clos à haute température; l'examen ultérieur n'a pas confirmé les prévisions de ces expérimentateurs."

Ganz neuerdings ist nun die Nachricht aus Paris gekommen, dafs es in der That gelungen sei, den Diamant künstlich herzustellen, und zwar beschreibt Moissan in den Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences vom 6. Februar dieses Jahres eine Darstellung von Diamant-Kohlenstoff.

Das Prinzip der Methode ist, Eisen bei sehr hohen Temperaturen (bis 3000°) mit Kohle zu sättigen und hierauf die Erkaltung unter Druck vor sich gehen zu lassen. Zur Erzeugung desselben benutzte Moissan die Ausdehnung, welche das Gufseisen beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand erfährt. In einen

Digitized by Google

Zylinder aus weichem Eisen, verschliefsbar durch einen Stopfen aus demselben Materiale, wurde gereinigte Zuckerkohle stark eingepreſst. Hierauf wurde der Zylinder in (bei sehr hohen Temperaturen in einem von Moissan konstruirten elektrischen Ofen) geschmolzenes weiches Eisen eingebracht und nun der das Ganze enthaltende Tiegel aus dem Ofen entfernt und sofort in Wasser eingetaucht. Wenn sich, was sehr schnell erfolgte, eine feste, noch rothglühende Umhüllungsschicht gebildet hatte, brachte man das Eisen wieder aus dem Wasser heraus und liefs es an der Luft völlig erkalten. Beim Lösen des Metalles in siedender Salzsäure hinterblieb etwas Graphit, eine sehr dünne Partikelchen bildende kastanienbraune Kohle und endlich eine geringe Menge einer ziemlich dichten Kohle. Aus der letzteren liefsen sich durch vielfaches Behandeln mit Königswasser, Schwefelsäure, Flufs-

Fig. 4.

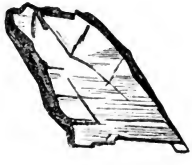


Fig. 5.

säure, chlorsaurem Kali und konzentrirter Salpetersäure und schliefslicher Trennung vermittelst Bromoform einige sehr kleine, theils schwarze, theils durchsichtige Fragmente mit den Eigenschaften des Diamanten abscheiden. Um dem Leser einen Begriff von der geringen Gröfse dieser künstlich hergestellten Diamanten zu geben, mögen beistehende, aus der Moissanschen Abhandlung entnommene Abbildungen dienen. Fig. 4 stellt 200mal vergröfserte, schwarze Diamanten dar. Dieselben besitzen eine narbige Oberfläche und „une teinte d'un noir gris", welche mit derjenigen gewisser Carbonados identisch ist; sie ritzen Rubin, und ihr spezifisches Gewicht schwankt zwischen 3 und 3,5.

Fig. 5 stellt eins der erhaltenen lichtdurchlässigen Diamantfragmente, 500mal vergröfsert, dar. Dieselben scheinen zerbrochen und weisen eine Anzahl paralleler Streifen auf; manchmal zeigen sie auch „dreieckige" Eindrücke.

Bei den vielen Versuchen, die Moissan, dieser geniale Experimentator, angestellt hat, entstand nun zwar immer eine sehr harte, schwarze „Kohlevarietät" von annähernd dem spez. Gew. 3, aber dafs

Digitized by Google

sich auch sehr kleine durchsichtige Krystallpartikelchen mit allen Eigenschaften des Diamanten gebildet hatten, kam nur einige Mal vor. — Es sind diese künstlichen, durch Auskrystallisiren aus Eisen gewonnenen Diamanten in ihren Eigenschaften offenbar identisch mit den Diamanten, welche man bislang in Meteoreisen fand. Die künstlichen, ebenso wie die meteorischen, sind fast stets schwarz und undurchsichtig, nur selten findet man einmal ein durchsichtiges Fragment; ferner sind die Diamantpartikelchen in beiden Fällen sehr klein.

Digitized by Google

Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter.

Von Dr. M. Wilhelm Meyer.

(Fortsetzung.)

In dem Kapitel über die Jahreszeiten werden sämtliche Beobachtungen, welche über die Ausdehnung und Lage der weifsen Polarflecke seit Herschel (1781) gemacht worden sind, sorgfältig zusammengestellt.

Hier gelangt der Verfasser in Bezug auf die Jahreszeiten des Mars zu folgenden Schlüssen:

„Die Jahreszeiten des Mars sind ungefähr ebenso intensiv wie die unsrigen, dagegen nahezu noch einmal so lang. Die warme Jahreszeit umfafst auf der nördlichen Halbkugel 381 Tage, auf der südlichen hat die kalte Jahreszeit dieselbe Dauer. Auf der nördlichen Halbkugel dauert die kalte Jahreszeit 306 Tage, auf der südlichen hat die heifse Jahreszeit dieselbe Länge. Jede Halbkugel erhält während ihres Sommers 63 Hundertstel der gesamten jährlichen Wärmezufuhr, im Winter 37 Hundertstel. Die Jahreszeiten der südlichen Halbkugel sind also extremer als die der nördlichen.

„Die polaren Schneegebiete des Planeten verändern sich mit den Jahreszeiten; sie erreichen ihr Maximum drei bis sechs Monate nach dem Wintersolstiz jeder Halbkugel und schrumpfen auf ihr Minimum zusammen ebenfalls drei bis sechs Monate nach dem Sommersolstiz. Ebenso wie auf der Erde ist dies in den verschiedenen Jahren verschieden. Auf beiden Halbkugeln scheint das polare Schneegebiet im Winter einen Durchmesser von 45—50° zu erreichen und sich im Sommer auf 4—5° zu reduziren.

„Aufser diesen polaren Eisfeldern sind gelegentliche Schneefälle auch in den temperirten Zonen und selbst am Aequator beobachtet worden. Auf der nördlichen Halbkugel hat man (helle) spiralförmige Banden, vom Pol ausgehend, gesehen, welche atmosphärische Strömungen andeuten, die von der Rotationsbewegung des Mars beein-

Digitized by Google

flufst werden. (Wir fügen eine Zeichnung dieser merkwürdigen Streifenbildungen, von Schiaparelli herrührend, nebenstehend bei.)

„Die nördliche Polarkalotte scheint mit dem Pol konzentrisch zu sein; die südliche ist von ihrem Pol 5,4° = 340 km in der Richtung des 30. Meridians entfernt. Zur Zeit ihres Minimums ist also der Südpol völlig eisfrei, das Polarmeer ist offen."

Flammarion kommt nun auf die veraltete Crollsche Theorie von dem Einflufs der Exzentrizität der Bahn und von der Bewegung der Apsidenlinien zurück und zeigt, dafs sie durch die Beobachtungen auf dem Mars nicht bestätigt wird. Er fährt dann fort:

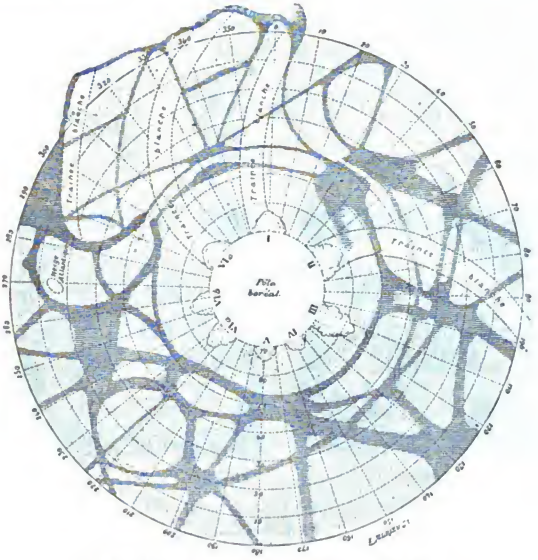
„Die Winterkälte auf dem Südpol des Mars mufs viel gröfser sein als die entsprechende auf unserer Erde. Die Polarnacht ist fast noch einmal so lang als die unsrige, sie dauert 338 Tage statt 182, und die Luft ist dort zweifellos nur halb so dicht wie die unsrige; dennoch ist wenige Monate nach dem Sommersolstiz aller Schnee geschmolzen. Diese Erscheinung kann für den Südpol dadurch erklärt werden, dafs ihn warme Meeresströmungen, unserem Golfstrom vergleichbar, bespülen. Aber diese selbe Erklärung trifft für den Nordpol nicht zu, weil er keine ausgedehnten Meere besitzt. Wir dürfen deshalb wohl annehmen, dafs auf dem Mars weniger Wasser und weniger Wasserdampf existirt als auf der Erde, also auch weniger Wolken und geringere Schneefälle, so dafs die Dicke der Eisschicht viel geringer ist als bei uns. Vielleicht auch ist der gegen den unsrigen um das Doppelte längere Sommer leicht im stande, allen Schnee zu schmelzen. Für die Bildung des Schnees giebt es Grenzen, während die Sonne beinahe ein ganzes terrestrisches Jahr hindurch über dem Horizonte jedes Poles verweilt.

„Zusammenfassend ist zu wiederholen, dafs aus allen Beobachtungen die klimatologische Aehnlichkeit mit der Erde ins Auge springt: Das Studium des Planeten Mars wirft dadurch ganz eigenthümliche Lichter auf die allgemeine Kenntnifs unseres eigenen Planeten."

Im siebenten Kapitel seines Werkes behandelt Flammarion die schwierige Frage von den beobachteten Veränderungen auf der Oberfläche des Mars. Er stellt zunächst eine Anzahl von Zeichnungen neben einander, die zu gleicher Zeit von verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Orten ausgeführt worden sind. Zwei derselben, beide von vortrefflichen Beobachtern, Secchi und Lockyer, herrührend, mögen auch hier neben einander Platz finden. Sie zeigen, wie vorsichtig man über die reelle Natur der beobachteten Veränderungen

Digitized by Google

Schlüsse ziehen mufs. Es ist, wie Flammarion zusammenstellt, zu berücksichtigen:



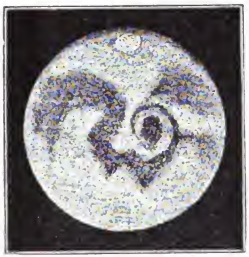
Weifse Streifen auf der nördlichen Halbkugel des Mars.
(Zeichnung von Schiaparelli aus den Jahren 1879 und 1881.)

1. Das Auge des Beobachters;
2. seine Beobachtungsart;
3. die richtige Deutung des von ihm Gezeichneten;
4. die instrumentelle Verschiedenheit;
5. die atmosphärischen Bedingungen, die Stunde der Beobachtung;
6. die Veränderungen der Neigung des Mars;
7. die Atmosphäre des Mars.

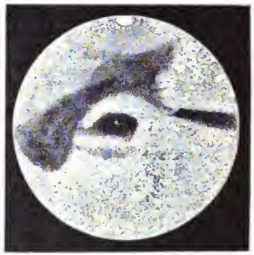
Nichtsdestoweniger sind, wie auch schon oben angeführt, wirkliche Veränderungen unzweifelhaft konstatirt; so beispielsweise in der Umgebung des Moeris-Sees, von welcher wir drei Zeichnungen

Digitized by Google

von 1864, 1879 und 1888 neben einander stellen, die erste von Dawes, die beiden anderen von Schiaparelli. Die Umgebung dieses Moeris-Sees hat Schiaparelli Libya getauft; derselbe hat von den beobachteten Veränderungen dieser Gegend in dem früher angezogenen Artikel (Himmel und Erde, Band I., Seite 11 u. ff.) gesprochen. Unzweifelhafte Veränderungen sind auch in dem merkwürdigen Sonnensee (Lacus Solis) gesehen worden, der ein verhältnifsmäfsig auffallendes Objekt und sehr viel beobachtet worden ist, so dafs seine, 1890 beobachtete Zweitheilung sicher vorher wahrgenommen worden wäre, wenn sie eben existirt hätte.



Marszeichnung v. Secchi (18. Okt. 1862). 7h 33m Pariser Zeit.



Marszeichnung v. Lockyer (18. Oct. 1862). 8h 9m.

Flammarion giebt folgende Erklärung der Thatsache:

„Die einfachste Hypothese würde sein, sich vorzustellen, dafs die Oberfläche des Mars eben und sandig sei, so dafs die Seen und Kanäle keine eigentlichen Betten besitzen, sehr wenig tief sind und deshalb, je nach den atmosphärischen Bedingungen, Regenschauern, Fluthbewegungen der Meere, sich leicht zurückziehen, verbreitern, aus ihren Ufern treten oder selbst ihren ganzen Lauf ändern können. Die Atmosphäre kann dünn, die Verdunstung und Kondensation des Wassers leicht sein. Wir würden dann also Zeugen mehr oder weniger ausgedehnter Ueberschwemmungen von wechselnder Dauer sein. So könnte man die Zweitheilung des Sonnensees beispielsweise einer Verminderung oder Verschiebung seines Niveaus zuschreiben; jene Trennungslinie wäre dann als eine Sandbank aufzufassen, die aus dem Wasser emportaucht.

„Diese Erklärung trägt einem Theil der beobachteten Thatsachen

Digitized by Google

Rechnung, aber sie genügt nicht für den speziellen Charakter dieser Erscheinungen, für die Verdoppelung.

„Es scheint nicht, dafs während dieser Zeit weniger Wasser vorhanden ist, denn die Abflüsse des Sees werden zahlreicher, und der links (vom Lacus Solis) befindliche Abflufs hat die Länge eines Meeresarms.

„Ist es eine Wasserbewegung wie die unserer Gezeiten? Dann müfste sie periodisch sein, könnte nur Stunden dauern und nicht ganze Jahreszeiten charakterisiren.

„Müssen wir nicht vielmehr annehmen, dafs die Sandbank sich über die Wasserfläche erhoben hat, und dafs ganz im allgemeinen die Wasserbewegungen auf Erhebungen des Erdbodens zurückzuführen sind?

„Diese Deutung ist wohl schwer zu acceptiren, zunächst, weil solche geringe Stabilität des Erdbodens etwas ganz Aufsergewöhn-

Moeris-See vom Jahre 1864 (Dawes), vom Jahre 1879 und 1888 (Schiaparelli).

liches wäre, und dann, weil diese Aufblähungen des Bodens ja im allgemeinen geradlinig sein müfsten. Endlich tritt nach mehreren Jahren derselbe Zustand wieder ein, wie man ihn vorher gesehen hat; und dann erklären solche Wasserverschiebungen immer noch nicht die Hauptsache, das Charakteristische für solche Veränderungen auf dem Mars, eben die Tendenz der Verdoppelung.

„Wir müssen uns gestehen, dafs es aufserordentlich schwierig, um nicht zu sagen unmöglich ist, diese Veränderungen durch Naturkräfte zu erklären, welche wir kennen. Aber es ist hier vielleicht der Ort, zu betonen, dafs wir eben noch längst nicht alle Naturkräfte kennen, und dafs diese selbst in unserer nächsten Nähe oft völlig unbekannt bleiben. Die Bewohner der Tropen, welche im Winter zum ersten Male nach Paris kommen, und die niemals Bäume ohne Blätter, niemals Schnee gesehen haben, sind verblüfft über unser Klima. Es scheint ihnen zum äufsersten seltsam, festes Wasser in ihren Händen halten zu können, sie wundern sich über die blendende

Digitized by Google

Weifse des Schnees, und sie zweifeln ganz gewifs daran, dafs diese schwarzen Baumskelette nach wenigen Monaten mit einem reichen Blätterschmucke bedeckt sein werden. Stellen wir uns einmal einen Bewohner der Venus vor, der niemals Schnee gesehen hat; würde er wohl, die Erde beobachtend, jemals verstehen können, was diese weifsen Flecke bedeuten, die unsere Pole bedecken? Ganz gewifs nicht! Wir Bewohner der Erde aber können dies beim Mars. Dagegen können wir uns nicht erklären die Veränderungen der Uferlinien, die Wasserbewegungen, die geradlinigen Kanäle und ihre Verdoppelungen, weil wir bei uns nichts Analoges kennen."

Das letzte Kapitel des grofsen Werkes von Flammarion behandelt noch einmal im speziellen „die Kanäle, die Flüsse, das geometrische Netz der Kontinente, die Wasserzirkulation." Er kommt dabei zu folgenden Schlüssen:

„Die Dinge gehen dort so zu, als ob das Wasser nicht vollständig flüssig und nicht durch die Schwere in unveränderlichen Becken festgehalten würde, als ob vielmehr seine Moleküle getrennt wären, eine Art von dunstiger, viscoser Flüssigkeit bildend, die, schwerer als die Luft, anderen Kräften als der Schwere unterworfen ist. Stellen wir uns einmal vor, dafs diese Moleküle zwar das Bestreben, sich gegenseitig zu nähern, haben, aber gleichzeitig anderen Einflüssen gehorchen müssen, wie zum Beispiel der Elektrizität, dem planetarischen Magnetismus oder anderen unbekannten Kräften. Dieses Wasser, das vielleicht inmitten der Meeresbecken flüssig ist, dagegen an den Ufern und über den Untiefen, ebenso längs der Flüsse oder Kanäle sich im Dampfzustande oder dem eines dichten Gases befindet, kann sich ausdehnen oder zusammenziehen, je nach den atmosphärischen Bedingungen, seinem Wärme- oder Elektrizitätsgehalte, ohne bestimmte Grenzen zu haben. Diese Züge von Dampfmassen zeigen dann ein veränderliches Aussehen, veränderliche Breite und Dichtigkeit. Wenn unter gewissen Bedingungen die Moleküle elektrisch werden, können sie sich abstofsen, wie sich die verschiedenen Elektrizitäten trennen, und dadurch die beoachteten Verdoppelungen zeigen. Diese Kanäle, diese Seen, diese Wasseransammlungen können ihren Platz ändern, sie werden gewissermafsen zu dichten Nebeln, welche leicht den auf sie wirkenden Kräften gehorchen: Dem Einflufs der nahen Meere, der Feuchtigkeit des Bodens, dem hygrometrischen Zustande der Luft, der Temperatur, der Elektrizität u. s. w.

„Man mufs dann allerdings eine sehr ruhige Atmosphäre voraussetzen, und es scheint, dafs dies für den Mars zutrifft.

Digitized by Google

„Eine solche Hypothese würde die Veränderungen des Aussehens und der Farbe, die Verdoppelungen, das Verschwinden und Wiedererscheinen mit den Jahreszeiten und alle die anderen unzähligen Veränderungen des Aussehens erklären, für welche eine Deutung bei Annahme eines dem unsrigen ganz gleichen Wassers jedenfalls sehr schwierig wäre.

„Das Wasser kann weder chemisch noch physisch dasselbe sein wie bei uns; dagegen wird es in vielen Punkten ihm ähnlich sein, was aus dem Aussehen des Schnees hervorgeht, der zerschmilzt und sich unter der Wirkung der Sonnenwärme verflüchtigt, wie wir es auf der Erde beobachten. Diese Aehnlichkeit wird noch durch die Absorptionsbanden im Spektrum der Marsatmosphäre erhöht, die mit denen des irdischen Wasserdampfes übereinstimmen.

„Es ist möglich, dafs anstatt des Chlornatriums, welches sich in unseren Meeren mit dem Wasserstoff und Sauerstoff gemischt hat, dort eine ganz andere Kombination von Elementen auftritt.

„Die Dichtigkeit des Wassers ist ferner eine andere wie hier. 1 cbm irdischen Wassers wiegt 1000 kg; 1 cbm Wasser auf dem Mars hat das Gewicht von 711 kg unter der Voraussetzung, dafs die Dichtigkeit dieses Wassers der mittleren Dichtigkeit des Planeten proportional sei. Wenn das Marswasser dieselbe absolute Dichtigkeit wie das unsere hätte, so würden die dasselbe zusammensetzenden Materialien eine spezifische Schwere von 3.91 statt 5.50 haben. Andererseits aber ist die Verschiedenheit der Schwere noch viel gröfser, weil 1000 irdische Kilogramm, auf die Oberfläche des Mars transportirt, nur noch 376 kg wiegen würden.

„Die Bedingungen sind dort also völlig verschieden von den unsrigen, und ebenso ist es mit der Atmosphäre, deren Druck eine so wichtige Rolle für den Kreislauf des Wassers spielt. Wenn die irdische Atmosphäre verschwände, so würde sich sofort das Wasser der Meere verflüchtigen, um eine neue wässrige Atmosphäre zu bilden, bis deren Druck wieder grofs genug wäre, um den Rest des Wassers flüssig zu erhalten. Wenn nun weiter und weiter dieses Wasser verschwinden würde, so müfsten die Meere vollständig austrocknen.

„Wenn Mars dieselbe Atmosphäre hätte wie die Erde, so würde sie doch viel weniger dicht sein als die unserige und zwar im Verhältnifs von 375 zu 1000. Der Barometer würde, statt 760 mm am Meeresspiegel zu zeigen, sich auf 286 einstellen, welchen Druck der Barometer auf unseren höchsten Bergspitzen bei 8000 m Höhe anzeigt.

Digitized by Google

Wir würden uns also selbst am Meeresniveau eine sehr verdünnte Luftschicht vorzustellen haben, und es scheint, dafs dies der Fall ist.

„Dieselbe kann aber Substanzen, Gase, Dämpfe enthalten, die bei uns nicht vorkommen.

„Verhehlen wir es uns jedoch nicht, dafs die gröfste Schwierigkeit bestehen bleibt: das geradlinige, geometrische Netz der Oberfläche scheint nicht natürlich. Je mehr wir diese Gestaltungen anschauen, je weniger scheint es uns, dafs wir ihr Entstehen blinden Ursachen zuschreiben können. Aber nochmals: vergessen wir nicht, dafs wir weit entfernt sind, alle Naturkräfte zu kennen.

„Sind wir jedoch andererseits berechtigt, von vorn herein die Hypothese einer intelligenten Einwirkung von Seiten der Bewohner, welche diesen Planeten bewohnen könnten, zurückzuweisen?

„Die gegenwärtigen Bedingungen der Bewohnbarkeit dieser Weltkugel sind, wie wir weiter oben schon gesehen haben, derartige, dafs niemand die Behauptung, sie könne von einer Menschenart bewohnt sein, deren Intelligenz und deren Hilfsmittel die unsrigen weit übertreffen, zu widerlegen im stande wäre.

„Angesichts unserer absoluten Unfähigkeit, diese Dinge anders zu erklären, ist es unwissenschaftlich, die Möglichkeit zu bestreiten, dafs diese Wesen die ursprünglichen Flüsse regulirt hätten, als allmählich das Wasser rar wurde, und sich so ein Kanalsystem zu dem Zwecke gleichmäfsiger Wasserversorgung herstellten.

„Die Hypothese der Erzeugung dieser Kanalzüge durch Einwirkung der Intelligenz nöthigt sich unserem Geiste von selbst auf, ohne dafs wir ihr widerstehen könnten. So kühn dies auch ist, wir sind doch gezwungen, sie in Betracht zu ziehen. Ganz gewifs sind ja auch die Einwendungen dagegen zahlreich. Ist es denn wahrscheinlich, dafs die Bewohner eines Planeten so gigantische Werke erzeugen können, Kanäle von 100 km Breite? Darf man ernstlich daran denken, und welchen Zwecken dienen sie?

„Doch ist es seltsam genug, dafs man, unter der Voraussetzung eines menschlichen Ursprungs dieser Linienzüge, die Erklärung derselben im Zustande des Planeten selbst finden kann. Wir haben schon gesehen, dafs die Stoffe dort weniger schwer sind als bei uns; andererseits geben die kosmogonischen Theorieen dieser Nachbarwelt ein weit höheres Alter als dem Planeten, welchen wir bewohnen. Wir können daraus schliefsen, dafs sie früher bewohnt war als die Erde, und dafs ihre Menschheit, wie sie auch sonst beschaffen sein mag, vorgeschrittener als die unsrige ist. Während die Durchbohrung der

Digitized by Google

Alpen, die Durchbrechung des Suez- und Panamakanals, der unterseeische Tunnel zwischen Frankreich und England uns als riesenhafte Unternehmungen der Wissenschaft und Industrie unserer Epoche erscheinen, werden diese Dinge doch nur Kinderspiele für die Menschheit der Zukunft sein. Wenn man die Fortschritte nur des letzten, neunzehnten Jahrhunderts ins Auge fafst, die Eisenbahnen, die Telegraphie, die Anwendung der Elektrizität, die Photographie, das Telephon u. s. w., so fragt man sich, wie grofs unser Erstaunen sein würde, wenn man die materiellen und sozialen Fortschritte sehen könnte, welche das 20. und 21. Jahrhundert und spätere Zeiten der zukünftigen Menschheit vorbehalten. Es gehört kaum noch ein optimistischer Geist dazu, um die Luftschifffahrt als den gewöhnlichen Verkehrsmodus vorherzusehen, durch den die unnatürlichen Völkergrenzen für immer vom Erdboden verschwinden, und die verabscheuungswürdige Hydra des Krieges mit der heute noch unvermeidlichen Thorheit der permanenten Heere, dem Ruin eines intelligenten Sozialstaates, vernichtet werden dürften in dem glorreichen Aufschwunge einer erleuchteten, freien, denkenden Menschheit. Müssen wir nicht in ganz logischer Weise annehmen, dafs die ältere Menschheit des Mars auch vollkommener sei, und dafs die fruchtbare Einigkeit der Völker, die Arbeiten des Friedens, eine wesentlich glücklichere Entwickelung dort erreichen konnten? —

„Wir wissen nicht, was diese langen dunklen Linienzüge, welche die Kontinente durchkreuzen, bedeuten, wenn ihre ganze Breite wirklich homogen ist, und ganz gewifs beweist nichts, dafs es mit Wasser gefüllte Kanäle sind. Tausend verschiedene Annahmen sind dafür möglich; man kann in ihnen Bewässerungsanlagen auf dem Planeten sehen, auf welchem das Wasser seltener zu werden beginnt. Man kann sich dort auch eine Art von Katastereintheilung vorstellen für Gesamtkulturen auf einer Welt, die zu dem Zeitalter allgemeiner Harmonie vorgeschritten ist. Man erinnert sich wohl, dafs Proctor in einem interessanten Artikel der Times die Idee verfolgt hat, dafs die Bewohner des Mars mit umfangreichen Feldmefsarbeiten beschäftigt sind, da wir diese Linien in jeder Richtung so gezogen sehen, dafs ihre Entfernungen untereinander constant und bedeutsam sind. Auch Mr. Green, der geschickte Beobachter des Mars, kam in einer Sitzung der Royal Astronomical Society of London auf diese Deutung zurück und fügte hinzu, dafs er dabei keineswegs die Absicht habe, sich über einen so wichtigen wissenschaftlichen Gegenstand lustig zu machen, dafs vielmehr solche geographischen Erscheinungen die gröfstmögliche

Digitized by Google

Aufmerksamkeit verdienen, und dafs es von höchstem Interesse sei, sie zu verifiziren. Mr. Maunder von der Greenwicher Sternwarte macht besonders auf die höchst seltsame Thatsache aufmerksam, dafs diese Kanäle ihren Platz zu wechseln scheinen, bald sichtbar, bald wieder unsichtbar sind. Für manche Beobachter sind es gar keine eigentlichen Kanäle, sondern vielmehr die Begrenzungen von mehr oder weniger dunklen Distrikten. Wie dem auch sei, jedenfalls kann der Natur nachgeholfen worden sein. Die leicht eintretenden und beständig drohenden Ueberschwemmungen der Kontinente, welche durch den Zahn der Zeit nivellirt worden sind, können zu der Idee einer rationellen Wasserregulirung geführt haben. Es scheint wirklich, dafs es uns nicht leichter möglich sein wird, dieses geometrische Netz ohne die Einwirkung des Intellekts zu erklären, als ein Bewohner der Venus sich unser Eisenbahnnetz durch das Spiel geologischer Kräfte zu erklären vermöchte.

„Die Weltkugel des Mars mufs durch die Arbeit der Jahrhunderte nahezu nivellirt worden sein, und Wasser ist dort nur noch in geringer Quantität vorhanden. Was nach einigen Millionen Jahren für die Erde eintreten mufs, ist für Mars bereits eingetroffen. Durch die Thätigkeit des meteorischen Wassers (der Niederschläge) werden langsam unsere Berge abgetragen, die Flüsse führen die Trümmer in die Oceane, deren Grund sich mehr und mehr ausfüllt. Aber gleichzeitig nimmt die Menge des Wassers ab, indem es in die Erdkruste eindringt oder sich mit dem Felsgestein zu Hydraten verbindet. Jede begrenzte Weltkugel nivellirt sich langsam; es ist deshalb keineswegs überraschend, dafs auf Mars die Bestrebungen sich hauptsächlich darauf gerichtet haben, eine fruchtbringende Vertheilung der Wasser über die Oberfläche der gealterten Kontinente zu schaffen.

„Diese geradlinigen, alle Meere des Mars mit einander in Verbindung setzenden Linienzüge scheinen durchaus absichtlich. Fliefst aber dort auch Wasser? Im Prinzip ist dies wohl zu bejahen; aber es kann sich damit jene andere Form des Wassers verbinden, von welcher wir soeben sprachen: Ueberlagernde, langgezogene Nebelstreifen, welche die Wasserläufe in unseren Augen verbreitern und die wesentlichen scheinbaren Veränderungen derselben verursachen.

„Vielleicht verbinden sich auch noch Vegetationserscheinungen mit dieser Wasserzirkulation.

„Was nun die Verdoppelungen anbetrifft, so ist wohl schwerlich anzunehmen, dafs sich wirklich von einem Tage auf den anderen ähnliche und mit den ursprünglichen parallel laufende Kanäle bilden.

Digitized by Google

Wir müssen es vorziehen, anzunehmen, dafs sie jenen vorhin erwähnten Nebeln oder vielleicht einer doppelt brechenden Wirkung der Marsatmosphäre zuzuschreiben sind. Bei den herrschenden Temperaturbedingungen (die Sonnenwärme dringt leicht in die Marsatmosphäre ein und kann die Oberfläche des Planeten leicht erwärmen) mufs die Verdampfung sehr intensiv sein, weshalb über den Wasserläufen eine grofse Menge Wasserdampf schnell abgekühlt werden und dadurch zu ganz besonderen Reflektionsphänomenen Anlafs geben mufs. Es scheint uns, dafs man solche Brechungserscheinungen nicht aufser Acht lassen darf, namentlich wegen der Eigenthümlichkeit, dafs oftmals jede Spur eines Kanals verschwindet, um zwei neuen Linien Platz zu machen, welche sich in der Nähe des ersteren befinden.

„Herr A. de Boë hat die Verdoppelung jenen Doppelbildern zugeschrieben, welche im Auge des Beobachters entstehen, wenn man eine schwarze Linie, die etwas diesseits oder jenseits der Grenzen deutlicher Sichtbarkeit liegt, auf einem weifsen Grunde betrachtet. Darf man jedoch annehmen, dafs die Beobachter der Kanäle diese Verdoppelung nur sehen, wenn das Fernrohr nicht ganz scharf eingestellt ist?

„Was es aber auch für eine Bewandtnifs mit diesen ganz gewifs noch verfrühten Erklärungsversuchen haben mag, die wir nur als erste Hypothesen geben, so ist es doch unzweifelhaft, dafs die ausgedehnten Veränderungen der Wassergebiete Zeugnifs ablegen von einer ungemein energischen Lebensäufserung auf dem Planeten. Die verschiedenen Bewegungen scheinen für uns ganz ruhig vor sich zu gehen eben wegen der grofsen Entfernung, die uns davon trennt. Aber während wir gemächlich diese Kontinente und diese Meere beobachten, wie sie durch die Umdrehung des Planeten um seine Achse langsam an unseren Blicken vorübergeführt werden, und während wir uns dann vielleicht fragen, an welchem der Ufer es wohl am angenehmsten zu leben wäre, mögen in demselben Momente Stürme, Vulkanausbrüche, soziale Tumulte, der schreckliche Kampf um das Dasein dort wüthen. Ebenso würden die Astronomen der Venus, wenn sie, mit ähnlichen optischen Instrumenten versehen wie wir, unsere Erde betrachten, wie sie dahinzieht in stillem Gleichmaafs durch die Sterne des Firmaments, sicherlich nicht ahnen, dafs über den von der Sonne vergoldeten Ländern und über den azurnen Meeren, welche sich mit so feinen Linien in Meerbusen zertheilen, eine wilde Interessenwirthschaft, ein ungebändigter Ehrgeiz, die Schamlosigkeit, die Barbarei ihre selbst heraufbeschworenen Stürme zu jenen unvermeidlichen Katastrophen mischen, welche die unvollkommene

Digitized by Google

Natur unseres Planeten erzeugt. Wir dürfen doch wenigstens hoffen, dafs die ältere Welt des Mars eine vorgeschrittenere und bessere Menschheit beherbergt, und dafs es allein Arbeiten, Bewegungen des Friedens sind, welche seit vielen Jahrhunderten dieses nachbarliche Vaterland erfüllen."

Flammarion schliefst nun sein Buch mit folgenden Betrachtungen:

„Es giebt im Leben reizvolle Stunden, köstliche Freuden, himmlische Glückseligkeiten, unsagbare Wonnen. Nun! Unter diesen wundervollen Stunden giebt es wenige, die eine vollständigere Befriedigung in unsere Seele giefsen, die uns in edlerer und höherer Weise bewegen könnten, als die Stunden, welche der Beobachtung der Gestaltungen auf dem Planeten Mars in einer reinen Sommernacht gewidmet werden. Es ist wahrhaft beklagenswerth, dafs so wenig Menschen diesen Eindruck empfunden haben: Vor sich eine Welt zu sehen, eine andere Welt mit ihren Kontinenten, ihren Meeren, ihren Ufern, ihren Meerbusen, ihren Vorgebirgen, ihren Inseln, ihren Flufsmündungen, ihren blendenden Schneegebieten, ihren sonnenvergoldeten Landschaften, ihren dunklen Gewässern, so wie sie in unsern Fernrohren vor uns steht, und wie sie langsam sich um sich selbst dreht, Tag und Nacht ihren verschiedenen Gebieten gebend, den Frühling auf den Winter, den Sommer auf den Frühling folgen lassend, ein Miniaturbild unserer Erde im weiten Himmelsraume! Diese Betrachtung trägt uns bis zu den höchsten Mysterien der Natur, zur Frage nach dem universellen, dem ewigen Leben, sie stellt uns vor die Fragen nach der letzten Wahrheit, vor den Schöpfungsgedanken. Die Erde wird zu einer Provinz des Universums, und unsere Empfindung bevölkert andere Vaterländer in der Unendlichkeit mit unbekannten Brüdern.

„Und dann verbindet sich mit diesen Empfindungen wohl auch diejenige von der Schönheit und Gröfse der astronomischen Errungenschaften unserer Zeit: das Neue hat immer für uns eine ganz besondere Anziehungskraft. Es ist das erste Mal seit dem Beginn der Menschheit, dafs wir am Himmel eine neue Welt entdecken, die der Erde ähnlich genug ist, um unsere Sympathie zu erwecken; es ist das erste Mal, dafs ein Werk wie das gegenwärtige entstehen konnte; viele Jahre werden zweifellos vergehen, bis ein ernstliches Studium über unseren Nachbarplaneten Venus ein so vollständiges Material gesammelt haben wird, wie dasjenige, welches wir hier über die Welt des Mars Revue passiren lassen konnten.

„Aber manche Wunder der Wissenschaft wird die Zukunft noch

Digitized by Google

unseren Nachfolgern vorbehalten, und wer wird heute noch für unmöglich erklären dürfen, dafs eines Tages die Menschheit des Mars mit der der Erde in Verbindung treten könne! Generationen werden vergehen, und der Fortschritt wird noch lange seinen aufsteigenden Weg fortsetzen.

„Für uns selbst (den Autor), die wir von Beginn unserer wissenschaftlichen und litterarischen Laufbahn stets die Lehre von der Mehrheit der Welten verfochten haben, und es uns zur Lebensaufgabe machten, zu zeigen, dafs das Endziel der astronomischen Wissenschaft nicht bei der Mechanik des Himmels stehen bleiben darf, dafs sie sich vielmehr bis zu der Erkenntnifs der gegenwärtigen, vergangenen und zukünftigen Lebensbedingungen im unendlichen Universum aufschwingen mufs; es ist ein Glück für uns, lange genug gelebt zu haben, um der Geburt und Entwickelung der Astrophysik beigewohnt zu haben, mit eigenen Augen die erste Welt, deren Erforschung in dem Himmelsraume begann, betrachten zu können und den Vorzug zu besitzen, ihre Geschichte zu schreiben. Mögen unsere Leser diese Genugthuung mit uns theilen, indem sie dieser Entwickelung der Wissenschaft beiwohnen. Die vorangegangenen Blätter sind nur ein bescheidenes und oberflächliches Präludium zu den Entdeckungen, welche der Fortschritt unseren Nachfolgern vorbehält."

Es ist kein Zweifel, dafs das grofse und schöne, mit eben so viel Wärme wie Gründlichkeit und Sorgfalt verfafste Werk des berühmten französischen Astronomen von den Fachleuten sowohl wie von allen Freunden der astronomischen Wissenschaft mit Genufs gelesen werden wird, und dafs sein Erscheinen einen für die gegenwärtige und zukünftige Wissenschaft höchst werthvollen Fortschritt bedeutet.*)

Flammarion hat die gestellte Aufgabe, alle vorhandenen Beobachtungen über Mars so zusammenzustellen, dafs jedermann sich ein eigenes Urtheil über die bisher aufgestellten Hypothesen von der Oberflächenbeschaffenheit des Mars selbst bilden kann, vortrefflich erfüllt. Es lag im übrigen keineswegs in der Absicht des Verfassers, einen Ueberblick über die Hypothesen selbst zu geben; er vertritt nur seine eigene, der Existenz intelligenter Wesen günstige Ansicht, indem er nur ganz gelegentlich andere Ansichten streift.

Es darf jedoch an dieser Stelle nicht vergessen werden, dafs

*) Es möge beigefügt werden, dafs das bei Gauthier in Paris in Lexikonformat (608 Seiten, 580 Illustrationen und 23 Karten) erschienene Werk für den ungemein billigen Preis von 10 Frs. erhältlich ist.

Digitized by Google

andere gewiegte Beobachter zu ganz entgegengesetzten Ueberzeugungen von der Beschaffenheit des Mars gekommen sind; wir wollen in dem folgenden Artikel einige derselben anführen, indem wir zugleich auch die in dem Flammarionschen Werke noch nicht berücksichtigten Beobachtungen der Opposition von 1892 heranziehen, um schliefslich das Beobachtete und Gedachte zu einem Gesamtbilde zu vereinigen, so weit dieses bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse möglich ist.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von F. K. Ginzel, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

(Fortsetzung.)

IV. Die Darwinsche Gezeitentheorie und die Entwickelung des Systems Erde-Mond.

Unter den neueren kosmogonischen Ansichten nehmen die interessanten Untersuchungen eine wichtige Stelle ein, welche der Mathematiker G. H. Darwin (nicht zu verwechseln mit dem berühmten Charles Darwin, dem Verfasser der „Entstehung der Arten") über den Einfluſs der Reibung der Gezeiten ausgeführt hat;[1]) diese Ergebnisse bilden wichtige Beiträge zur Erklärung mancher Eigenthümlichkeiten des Sonnensystems und des Entstehungsprozesses des Mondes, besonders aber der Erde. Wir müssen deshalb das Nöthigste hierüber auseinandersetzen.

Bekanntlich erzeugt die Attraktionswirkung des Mondes und der Sonne in dem flüssigen Elemente, das unsere Erde bedeckt, periodisch wiederkehrende Bewegungen, die Fluth- und Ebbeerscheinungen. Es ist möglich, daſs diese Bewegungen, „Gezeiten", wie man sie auch nennt, sich nicht bloſs auf das Wasser der Erdoberfläche beschränken, sondern auch auf die derzeit etwa noch flüssigen Theile des Erdinnern erstrecken und dort ähnliche Stauungen des flüssigen Magmas, allerdings in weit geringerem Grade als in den Meeren, veranlassen. Für die Zeiten, in welchen sich die Weltkörper noch in der Ausbildung befanden, also noch mit keiner festen Kruste bedeckt waren, sondern zum gröſsten Theil den flüssigen Zustand repräsentirten, muſste wahrscheinlich die Wirkung solcher „Gezeiten", wenn sie durch Planeten von bedeutender Masse hervorgerufen wurden, eine viel erheblichere sein. Es ist nun das Verdienst G. H. Darwins, den Ein-

[1]) In einer Reihe von Memoiren seit 1879, die gröſstentheils in den „Philosophical Transactions" enthalten sind.

Digitized by Google

flufs wechselseitiger Gezeiten, unter bestimmten theoretischen Voraussetzungen, streng entwickelt zu haben.

Darwin betrachtet mathematisch die Gezeiten viscoser, das heifst nicht starrer, sondern zähflüssiger und umformbarer Massen. Es ergiebt sich, dafs durch eine mächtige Gezeit,[2]) die auf einem viscosen Planeten durch ein Gestirn hervorgerufen wird, infolge der Reibung die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten allmählich verlangsamt wird. Dieser Verlangsamung entsprechend stellt sich eine Vermehrung der Bahngeschwindigkeit ein. Im System Erde-Mond würde, von allen anderweitigen Störungen abgesehen, die Wirkung der Gezeiten-Reibung etwa folgende sein: Wenn die Erde in einer kürzeren Zeit um sich selbst rotirte, als die Umlaufszeit des Mondes ist, so würde die Einwirkung der Mondgezeiten die Erdrotation zu verlangsamen suchen. Die Reaktion auf den Mond bestände darin, dafs er sich mehr von der Erde zu entfernen suchen würde, indem sich seine Bahn erweitert. Der Tag der Erde wird länger, die Umlaufszeit des Mondes nimmt zu, und wenn schliefslich eine Gleichheit beider Zeiten erreicht ist, würden sich Erde und Mond wie starre Körper um ihr gemeinschaftliches Trägheitszentrum drehen und einander dieselben Flächen zuwenden. In ähnlicher Weise sucht ein um die Sonne kreisender Planet auf der Sonne eine Gezeit zu erzeugen, deren Reibung die Rotation der Sonne zu verlangsamen strebt; dabei wird die Bahngeschwindigkeit des Planeten gesteigert, und der letztere trachtet seine Distanz von der Sonne zu vergröfsern. Der Effekt der Gezeiten, welchen die Sonne hervorruft, ist gegenüber dem Effekte der Gezeiten des Planeten aufserordentlich überwiegend, im Falle Sonne-Erde 113000 mal gröfser als die von der Erde auf der Sonne bewirkte Gezeit. Darwin hat nun unter Betrachtung der Verhältnisse unseres Planetensystems gezeigt, dafs die Rotation der Planeten einstens aufserordentlich schneller hätte gewesen sein müssen, damit die Wirkung der Sonnengezeiten die Abstände der Planeten bis zu den heutigen Entfernungen vergröfsern konnte. Da es aber wenig wahrscheinlich ist, dafs unsere Planeten jemals enorme Rotationsgeschwindigkeiten besessen haben, so ist an eine erhebliche Veränderung der Planetenabstände von der Sonne als Folge der Gezeitenwirkung nicht zu denken. Dagegen fiel den Sonnengezeiten

[2]) Solche Gezeiten sind selbstverständlich nicht wie die Ebbe- und Fluthbewegungen, also nur die Oberfläche eines Körpers treffend, aufzufassen, sondern sie beziehen sich auf die ganze Masse des Körpers.

Digitized by Google

eine wichtige Rolle bei der Bildung der Satelliten zu. Wenn nämlich ein im Werden befindlicher Planetennebel sich zusammenzog und in dem Mafse, als er dichter wurde, schneller rotirte, konnte die Sonnengezeit, welche die Rotationsgeschwindigkeit des Planetennebels zu verlangsamen suchte, unter Umständen verhindern, dafs der Planet Satelliten erhielt. War die Sonnengezeit in jener Kontraktionsperiode des Planeten eine sehr schwache, so konnte bei ungehindert gesteigerter Rotationsgeschwindigkeit schliefslich eine Ueberschreitung des Gleichgewichtszustandes des Nebels und eine Ablösung von Massen eintreten; eine starke Sonnengezeit dagegen vermochte die Rotation derart zu verändern, dafs der kritische Moment von der drehenden Masse nicht erreicht wurde, und somit keine Satellitenbildung eintreten konnte. Auf diese Weise mögen durch starke Gezeiten die der Sonne nahen Planeten Merkur und Venus an einer Satellitenschaffung verhindert worden sein, während Jupiter, Saturn, da sie solchen Wirkungen viel weniger ausgesetzt waren, öfteren, vielleicht periodischen Gleichgewichtsstörungen unterlagen und hierdurch eine Reihe von Satelliten erhielten. Die Erde bekam ihren Mond wahrscheinlich erst in einer mehr vorgeschrittenen Bildungsepoche, wie die im Verhältnifs zur Erde sehr beträchtliche Masse des Mondes vermuthen läfst. Der Reibung der durch die Sonne ausgeübten Gezeiten dürfen auch einige Besonderheiten zugeschrieben werden, welche die Bahnen der Satelliten des Jupiter, Saturn und Mars zeigen. Diese Monde haben im Verhältnifs zu ihren Zentralkörpern (namentlich hinsichtlich Jupiter und Saturn) sehr geringe Massen; bei Jupiter und Saturn wurde die Rotation dieser Planeten durch Sonnengezeiten, die in Anbetracht der grofsen Sonnenentfernung nur schwach sein konnten, nur langsam verzögert. Die Monde selbst riefen vermöge ihrer Kleinheit kaum irgend welche Gezeiten auf Jupiter und Saturn hervor. Wenn sie sich bei solchen Verhältnissen auf die beträchtlichen Abstände von ihren Zentralkörpern entfernen konnten, in denen sie sich gegenwärtig befinden, und hierdurch eine viel langsamere Umlaufszeit erhielten, als die Rotationsperiode ihrer Planeten betrug, so deutet dies auf eine sehr frühzeitige Entstehung der Satelliten; das Mondsystem des Jupiter und Saturn ist daher wahrscheinlich weit älter als der Mond unserer Erde. Bei Mars war die Einwirkung der Sonnengezeiten eine entschiedenere. Der Satellit Phobos, der sich gegenwärtig viel schneller um den Mars bewegt, als dieser um sich selbst rotirt, produzirte vermöge seiner geringen Gröfse eine nur unbedeutende Gezeit und entfernte sich ursprünglich vom Planeten. Nachdem seine Um-

Digitized by Google

laufsdauer gleich der Rotation des Mars geworden war, erlangte die Wirkung der Sonnengezeiten das Uebergewicht, Mars rotirte langsamer und der Satellit näherte sich, indem sich die Schnelligkeit seiner Bahnbewegung steigerte, allmählich mehr dem Planeten und gelangte schliefslich in eine Bahn, wo sein Umschwung schneller war als die tägliche Umdrehung des Mars selbst.

Wenn man den Einflufs der Gezeitenreibung bei der Bildung der Planeten des Sonnensystems vielleicht auch etwas überschätzt, so ist der grofse Antheil, den diese Erscheinung im speziellen Falle des Systems Erde-Mond gehabt hat, dagegen zweifellos. Unser Mond besitzt unter allen andern Satelliten die gröfste Masse, demgemäfs sind die von ihm hervorgerufenen Gezeitenwirkungen sehr mächtig und spielten jedenfalls zu Zeiten der Erschaffung des Mondes eine grofse Rolle. Die Darwinschen Ergebnisse gestatten die Vermuthung, dafs Mond und Erde einst einen einzigen Körper gebildet haben mögen, der sich mit viel gröfserer Geschwindigkeit, als heute die Erde, um sich selbst drehte. Auf diesen zähflüssigen Körper, dessen innerer Zusammenhang nur bei der Nichtüberschreitung einer gewissen Rotationsgeschwindigkeit gewahrt bleiben konnte, hatten vielleicht die Gezeiten der Sonne einen solchen Einflufs, dafs eine Trennung erfolgte. Es waren dann zwei Massen vorhanden, die gröfsere die Erde, die kleinere der Mond.[3]) Im Momente des Zerreifsens wird die Revolutionsdauer des Mondes nahe so schnell gewesen sein wie der Umschwung der Erde, nämlich nur wenige Stunden. Wäre die Bewegung des Mondes in den ersten Tagen seiner Geburt schneller gewesen als die Erdrotation, so hätte er, da ein solches System dynamisch nicht stabil bleiben kann, auf die Erde stürzen müssen. Die Darwinschen Entwickelungen lassen die Phasen, die ein auf irgend eine Weise in der Nähe der Erde geschaffener Mond durchmachen mufste, übersehen. Die anfänglich sehr bedeutenden Mondgezeiten strebten die Rotationsdauer der Erde zu verlängern, und als Rückwirkung davon nahm auch die Umlaufszeit des Mondes zu. Die Exzentrizität der Mondbahn wuchs sehr schnell, verminderte sich aber wieder, nachdem die Dauer des Monats etwa der halben Erdrotations-

[3]) In welcher Weise sich der Vorgang thatsächlich abgespielt haben mag, läfst sich bei unserer Unkenntnifs der Stabilitätsbedingungen, welchen die Urmasse unterworfen gewesen sein mag, nicht beantworten und die obige Folgerung ist nur eine theoretische. Die anfängliche Form des Mondes kann ein Ring oder ein Schwarm kleiner Körper gewesen sein, da eine grofse, die Erde fast berührende Masse sich nicht würde haben halten können.

Digitized by Google

dauer gleich war. Später trat wieder ein Anwachsen der Exzentrizität ein. Die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik machte ähnliche Schwankungen durch. Anfänglich mag die Bewegung des Mondes fast ganz in der Ebene der Erdbahn gelegen haben. In dem Maſse, als sich der Mond aber von der Erde entfernte und die Sonnengezeiten mehr an Herrschaft gewannen, traten Verschiebungen in der Lage der Mondbahn auf. Wir sehen den Mond im Laufe der Zeiten sich mehr und mehr von der Erde entfernen, welche Entfernungszunahme indessen keine stetige ist, vielmehr zeitweise Abnahmen in sich einschliefst; der Weg, den unser Trabant geht, ist dem einer Spirallinie ähnlich. Je näher wir der Gegenwart kommen, desto mehr verlieren die Veränderungen in der Dauer des Monats und der Lage der Mondbahnebene, sowie die Variationen des Erdentages an Effekt. Schliefslich ist der Monat fast 30 mal länger als der Erdumschwung, der Mond kehrt der Erde dieselbe Seite zu und der heutige Zustand ist erreicht. Darwin berechnet, dafs zur Erlangung dieses Zustandes etwa 54 Millionen Jahre nothwendig gewesen sein dürften.

Die Gezeiten-Theorie, deren Wichtigkeit in Beziehung auf die Bewegung des Mondes auch schon von Delaunay, Ferrel gewürdigt worden ist, hat übrigens einen Vorläufer in Kant gehabt. In einer 1754 erschienenen Abhandlung „Ob die Erde veraltet“ zeigte Kant, wie bedeutend der Einflufs der Erdgezeiten auf einen rotirenden, von einer flüfsigen Hülle umgebenen Körper ist. Er weist nach, dafs sich die Erde selbst unter der Einwirkung der Sonnen- und Mondgezeiten wie in einem Hemmschuh bewegt, und dafs durch diese Gezeiten wahrscheinlich die ehemals schnelle Rotation der Erde wesentlich verlangsamt worden sei, und ferner, dafs sich die Periode der Axendrehung des Mondes dem Umlaufe um die Erde entsprechend anpassen musste. Die Kantschen Gedanken sind unbeachtet geblieben, bis sie wenige Jahre vor Darwin von J. H. Schmick wieder aufgegriffen wurden. Schmick entwickelte die Wichtigkeit der Gezeiten[4]) für die Entstehung der Weltkörper, indessen fehlte seinen Darlegungen noch der strenge mathematische Beweis; diesen zu geben blieb Darwin vorbehalten. Schmick behauptet völlig richtig, dafs mächtige Flutherscheinungen einst der Rotation des Mondes entgegengewirkt und diese nach und nach zum Stillstande gebracht haben mögen. Die anfänglich festen Bildungen an der Mondoberfläche

[4]) Hinsichtlich des Mondes namentlich in der Schrift „Der Mond als glänzender Beleg für die kosmisch bewirkte säkulare Umlegung verschiebbarer Bestandtheile der Weltkörper.“ Leipzig 1876.

Digitized by Google

trugen zu einer starken Reibung der Fluthwellen viel bei und förderten hierdurch die Verlangsamung der Rotation. Als letztere zum Stillstand gekommen war, mufste der Mond, der als zum Theil noch flüssiger Körper ohne die Rotation sich nicht symmetrisch in Beziehung auf seinen Schwerpunkt halten konnte, eine ellipsoidische Verlängerung gegen die Erde hin erleiden. Da nämlich die Anziehung der Erde auf die nächstgelegenen Oberflächentheile des Mondes eine stärkere war als auf das Zentrum, verschoben sich die Massen, und das geometrische Zentrum des Mondes rückte etwas in der Richtung auf die Erde zu. Hieraus sei die von Hansen nachgewiesene Thatsache zu erklären, dafs der Schwerpunkt des Mondes um 8 Meilen vom geometrischen Mittelpunkte entfernt liege. Infolge dieser Veränderung seiner Gestalt fing der Mond an, wie ein Pendel um seinen Aufhängepunkt, um das geometrische Zentrum hin und her zu schwanken und zwar in der Richtungslinie zur Erde hin. Diese Pendelbewegungen mögen tausende von Jahren angedauert haben. Inzwischen war die Schollenbildung von den Mondpolen aus weiter vorwärts geschritten und leistete den Fluthungen einen sehr ungleichmäfsigen Widerstand. Durch das Zusammenwirken der pendelartigen Bewegungen, des ungleichen Widerstandes der ersten Mondkruste und aufserdem der Mond-Libration liefen die Fluthwellen über die beiden Mondhälften hin und her und zertrümmerten vielfach die Urbildungen. Es fanden Aufquellungen und Senkungen der heftig bewegten Massen statt, die alte Mondschale versank gröfstentheils. Eine in der nachfolgenden Epoche der Erzeugung einer neuen Schale eingetretene Gleichgewichtsstörung, etwa das massenhafte Ueberfliefsen in einer zur Librationswirkung nicht parallelen Richtung, war die Ursache, dafs die Mitte der Schwingungen des pendelnden Körpers sich verschob und so der Mond um die gegen die Erde hin gerichtete Axe gedreht wurde. Schmick hat die Wichtigkeit der Gezeiten für die Bildung des Mondes erkannt, in den Folgerungen aber ist er über die logischen Grenzen hinausgegangen und darum ist seine eben dargelegte Theorie verworfen worden.

Wir treten nun der Frage näher, wie sich die Oberfläche des Mondes gebildet hat, und welche Kräfte seine eigenthümlichen Formationen, die gewaltigen Ringgebirge, die ausgedehnten Wallebenen und tausende von kleinen Kratern, die wenigen Merkmale lang gestreckter Höhenzüge gegenüber dem ausgesprochensten Ueberwuchern der Kreisform, erzeugt haben, und aufserdem, welche Ursachen hingegen der Erdoberfläche ein wesentlich anderes Gepräge zu geben

Digitized by Google

vermochten. Zunächst knüpfen wir an die Folgeerscheinungen der hypothetischen Pendelbewegungen an, welche Schmick für die Zeit der Ausbildung der Mondoberfläche voraussetzt. Vermöge jener Schwingungen des Mondes überflutheten die flüssigen Massen periodisch die ursprüngliche Mondkruste, und zwar wurden, da die Stauungen entgegen der ost-westlichen Schwingungsrichtung stattfanden, abwechselnd nach Westen und Osten hin Wellenkämme geworfen, von denen fort und fort Reste zurückblieben, die alsbald erstarrten. Durch diese Brandungsaufschüttungen erlangten die aufgeworfenen Massen eine regelmäfsige Zufuhr, und es bildeten sich die Wälle der heutigen Mondkrater, welche eine kreisförmige Gestalt zeigen, da die Durchbruchsstellen der sehr dünnen Mondkruste zumeist eine eben solche Form hatten.[5])

Selbstverständlich weifs Schmick auch die weiteren Einzelheiten der Bildungsvorgänge auf der Mondoberfläche zu erklären, wie überhaupt kaum einer der Herren Kosmologen in dieser Hinsicht eine Verlegenheit zeigt, da sie alles für ihre Theorieen zu deuten wissen, vorausgesetzt freilich, dafs man die Grundlagen dieser Theorieen zugiebt. — In weit plausiblerer Weise verwendet Ebert die regelmäfsigen Ebbe- und Flutherscheinungen zur Erklärung der Ringgebirge, indem er letztere als besondere Erstarrungsvorgänge, hervorgerufen durch jene Gezeiten, darstellt, wie schon in vorliegender Zeitschrift auseinandergesetzt worden ist (III. Jahrg. Seite 179).

Wie Schmick ein Gegner aller jener Hypothesen ist, welche zur Entstehung der Kreisformen der Mondgebirge vulkanische oder hebende Kräfte zu Hilfe nehmen, findet er darin einen Partner an Friedrich Weifs, der ebenfalls den Vulkanismus als Mondbildner nicht gelten läfst. Weifs erblickt die Ursache der Verschiedenheit der Gebirgsformationen der Erde und des Mondes hauptsächlich in dem Umstande, dafs die äquatoreale Rotationsgeschwindigkeit beim Monde nahe 104 mal geringer ist als bei der Erde. Infolge dieser geringen Axendrehung fehlten auf dem Monde jene Strömungen, welche auf der flüssigen Erde in der Richtung der Rotation hin auftraten, und die Bewegungsdifferenzen zwischen Rinde und Kern. Auf der Erde kam es infolge der schneller rotirenden Rindentheile vorzugsweise nur zur Bildung von linearen und Parallelketten, auf dem Monde konnten die

[5]) Schmick stellt sich vor, dafs das Anprallen des flüssigen Magmas an der Oberfläche Ringwellen bildete, etwa in derselben Weise, wie in einer Schüssel Wasser durch Anstofsen oder in einem Teiche durch einen plötzlich emportauchenden Fisch sich Ringwellen zeigen.

Digitized by Google

Lagerungen der Gebilde in regelmäfsiger, langsamer und ungestörter Weise Platz greifen, und darum mufste vorzugsweise die Kreisform Verbreitung gewinnen. — Aus der Zeit, wo Plutonisten und Neptunisten einander scharf bekämpften, sei als Kuriosum die Ansicht Büttners[6] über die Entstehung des Mondes erwähnt, welche illustrirt, wohin ein einseitiger wissenschaftlicher Standpunkt führen kann. Nach dieser Hypothese war der Mond eine Nebelmasse, deren Kern neben festen Bestandtheilen und Wassermassen auch lebende Wesen enthielt. Die Vergröfserung dieses Kernes absorbirte den gröfsten Theil des Wassers, ein anderer Theil ging verloren, der Rest durchfurchte auf vielfache Weise die schliefsliche feste Oberfläche und brachte so Berge und Thäler hervor. Von Wirkungen des Feuers sei auf dem Monde so wenig zu sehen als auf der Erde, und die vermeintlichen vielen Krater des Mondes seien sicherlich Täuschungen. . . . . Frankland hat in einer Abhandlung[7]) darauf aufmerksam gemacht, dafs auf der Mondoberfläche mindestens an zwei Stellen sichere Spuren alter Gletscher vorhanden sind. Allein gegen eine selbst nur theilweise Existenz von Eis tritt sofort die Schwierigkeit auf, dafs sämtliche astronomischen Beobachtungen bisher keine Spur von Wasser auf dem Monde haben erkennen lassen, und dafs aufserdem das Vorhandensein einer halbwegs dichten Atmosphäre kaum wahrscheinlich ist. Frankland wies jedoch darauf hin, dafs der Mond bei seiner kleinen Masse vermuthlich sehr rasch erkaltet ist, und dafs bei dieser schnellen Konzentrirung Höhlenbildungen im Innern eine nothwendige Erscheinung sein werden. Hätte sich die Mondmasse im selben Verhältnifs wie der Granit zusammengezogen, so würde eine Erkaltung um 180° F. Blasenräume von enormen Dimensionen haben schaffen können, und die auf der Oberfläche stehenden Wassermassen würden füglich, wenn sie nicht zum Theil vereist wären, vom Mondinnern absorbirt worden sein. Zöllner hat später in seinen berühmten „Photometrischen Untersuchungen“[8]) dargethan, dafs die Existenz von Eis- und Schneemassen auf dem Monde sehr wohl auch ohne das Vorhandensein einer Atmosphäre möglich ist, wenn diese Schneemassen eine Temperatur von minus 20° C. besitzen. Nach seinen Ausführungen würde alle Wärme, die der Mond von der Sonne empfängt, zur Verdampfung des

[6]) Die Entstehung des Erdballes, Mondes und anderer grofser Weltkörper. 1847.

[7]) Poggendorf. Annal. Bd. 123 S. 128.

[8]) IV. Abtheilung. Ueber die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. § 84.

Digitized by Google

Eises verwendet werden müssen, und der Wärmetransport müfste ein so schneller sein, dafs es zu Wolkenbildungen gar nicht kommen könnte. Demnach wäre die Franklandsche Hypothese, dafs Eisbildungen an der Veränderung der Mondoberfläche einen wesentlichen Antheil gehabt haben, nicht ganz abzuweisen. Uebrigens wird die Ansicht, dafs das Wasser in gefrorenem Zustande derzeit noch grofse Flächen des Mondes bedecke, auch von dem Philosophen Schopenhauer getheilt. In England haben Ericsson und Peal ähnliche Ideen vertreten. — Die Franklandsche Idee der Entstehung von Hohlräumen durch rasche Erkaltung des Mondes adoptirt auch Pater Braun in seiner Kosmogonie. Die Ringgebirge wären nach ihm das Resultat von gewaltigem Gewölbeschub. Die Decke, welche die grofsen Hohlräume nach oben abschlofs, konnte sich beim Vergröfsern der Blasen nicht halten, stürzte ein und prefste die Seitenwände des eingestürzten Gewölbes nach oben. Solche Einstürze, welche meist kreisförmige Kessel hervorbrachten, hätten auf der Erde aus dem Grunde weit weniger vorkommen können, weil die viel bedeutendere Schwerkraft die Erzeugung von grofsen Höhlungen verhindert hätte. Eine von anderen Gelehrten ausgesprochene Ansicht, welche die überaus zahlreichen Ringgebirgsformationen daraus erklärt, dafs in der Bildungszeit des Mondes Kollisionen unseres Satelliten mit kosmischen Massen vorgekommen sein könnten, und das Hineinstürzen letzterer die Ursache der Kesselgebirge sei, findet Pater Braun „recht kindlich", mufs aber später gestehen, dafs diese Vorstellung einige Berechtigung hat. Und in der That ist diese Berechtigung eine ansehnliche geworden, seit wir aus Darwins Untersuchungen wissen, dafs der Mond ursprünglich wahrscheinlich einen Schwarm kosmischer Körper dargestellt hat, die sich zum Theil in eine Masse vereinigt haben. Proctor scheint der Erste gewesen zu sein, der die Idee, dafs die hauptsächlichsten Mondformationen durch den Sturz von Meteoriten hervorgebracht worden sein können, ausgesprochen hat. In neuester Zeit hat Gilbert[9]) diese Hypothese in seiner „Impakt-Theorie" besonders ausgebildet. Nach derselben war der Mond ursprünglich ein in Meteore aufgelöster Ring, wie es heute noch der Ring des Saturn ist. Diese Meteore haben sich nach und nach zusammengeballt und einen Körper gebildet. Die bei diesen Vereinigungen entwickelte Hitze reichte, da sie zum Theil durch Ausstrahlung verloren ging, nur zu einer theilweisen Schmelzung der Massen hin. War die

[9]) The moons face, a study of the origin of its features (Philosophical Society of Washington, Bullet. vol. XII, 1892.)

Digitized by Google

Bahn des Meteorringes eine derartige, dafs sie mehr innerhalb der Distanz Erde-Mond lag, so konnten die kosmischen Körperchen die innere Fläche des Mondes treffen. Unter gewissen Voraussetzungen über die Schnelligkeit der Meteoriten und ihren Fallwinkel findet Gilbert[10]), dafs die meisten elliptischen Krater durch das Einschlagen von solchen Meteoriten in den erweichten, partiell geschmolzenen Boden erzeugt worden sind, deren Richtungswinkel etwa 30 Grad gegen die Oberfläche betrug. Die tangentiale Komponente der Kraft, mit der die Meteore gegen die Mondoberfläche anprallten, hat wahrscheinlich, da sie gröfser wurde als die Umdrehungsgeschwindigkeit des Mondes, die Rotation des letzteren allmählich geändert.

Die Hypothesen, welche für die Erklärung der Formationen der Mondoberfläche vulkanische und hebende Kräfte in Anspruch nehmen, sind sehr zahlreich. Bessel hatte das Aussehen der Ringgebirge mit den Resten von Luftblasen verglichen, welche in zähflüssigen Substanzen vor dem Erkalten aufsteigen und zerplatzen. Bernhard Cotta baute hierauf eine Ansicht,[11]) nach welcher die chemische Zusammensetzung der festen Stoffe des Mondes eine wesentlich andere als die der Erde ist; beim Erkalten dieser ehemals geschmolzenen Massen trat eine aufserordentliche Entwickelung von Gasen auf, welche gewaltige Blasen emportrieben; die Gase wurden beim Zerplatzen der Blasen frei, schlugen sich während der raschen Abkühlung des Mondes in fester Form nieder, und die emporgetriebenen Ränder der Blasen blieben als Ringgebirge erhalten. Der Engländer Hooke und in neuerer Zeit Falb[12]) lehnen sich an ähnliche Meinungen an. Nach Falb strebten die dünneren ersten Schollen der Mondoberfläche infolge der Rotation nach den Polen hin, die dichteren Massen nach dem Aequator. Die Ebbe- und Fluthbewegungen des Mondinnern haben wesentlich an einer Sonderung jener Massen mitgewirkt; die älteren dichten Flächen sind „Hartboden", die jüngeren, weniger dichten lagerten sich höher und sind „Weichland." An den Rändern beider Bildungen traten Spaltungen und infolge davon das Emporquellen von Bergketten ein; im Weichlande durchbrachen mächtige Gasentwickelungen den Boden und warfen Blasen auf, deren Reste als Ringgebirge bestehen blieben. Beiden Hypothesen, sowohl der Cottaschen

[10]) Gilbert gründet seine Auseinandersetzungen auf Experimente, die er mit Thonkugeln, die von einem Apparate mit bestimmter Geschwindigkeit unter gemessenen Winkeln gegen eine weiche Thonscheibe geschleudert wurden, vorgenommen hat.

[11]) Geologische Fragen.

[12]) Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche.

Digitized by Google

wie der Falbschen, sind eine Menge Gründe entgegen gehalten worden, die wir zum Theil schon in den Werken von Weifs und Schmick vorfinden. Dem Versuche, die Theorie der Erhebungskrater von Hopkins[13]) auf die Mondoberfläche anzuwenden, ist schon Friedrich Weifs entgegengetreten. Nach dieser Theorie konnten kreisförmige Erhebungen nur in dem Falle erfolgen, wenn die hebenden Kräfte sich auf einen bestimmten Punkt oder ein engbegrenztes Gebiet der Fläche beschränkten; erstreckten sich dagegen die Hebungen auf ganze Zonen der Rinde, so erzeugte die Streckung der letzteren Sprünge, welche an der Oberfläche in ziemlich regelmäfsiger Weise als rechtwinklig sich kreuzende Längs- und Querspalten zu Tage traten. Auf der Erde steht nun die Verbreitung von ringgebirgartigen Bildungen zu Parallelketten in einem gleichmäfsigen Verhältnisse. Nach F. Weifs hat man keinen Grund, den hebenden Kräften auf dem Monde eine gröfsere Intensität zuzuschreiben als jenen der Erde. Die Erhebungen der Mondfläche sind nicht bedeutender als die der Erde, dagegen besteht in den Senkungen unter das Niveau, nämlich der Mondkrater einerseits und der Meerestiefen der Erde andererseits, eine grofse Verschiedenheit, die zu den kreisförmigen Senkungen auf beiden Weltkörpern in keinem Verhältnifs steht. Die Ringgebirge übertreffen an Flächeninhalt die ringförmigen Kessel der Erde ganz aufserordentlich, und hierin sieht F. Weifs den wirksamsten Einwurf gegen die Anwendbarkeit der Hopkinsschen Theorie. In neuerer Zeit haben Nasmyth und Carpenter in ihrem Werke über den Mond[14]) für die Entstehungsweise der Mondkrater und Ringgebirge die Aufschüttungstheorie von Scrope verwendet und im 8. Kapitel des Breiteren auseinandergesetzt. Diese Theorie führt die Entstehung kreisförmiger Umwallungen um vulkanische Kegelberge auf die Anhäufung der Auswurfsprodukte aus der Eruptivspalte des Vulkans selbst zurück. Je nach der Heftigkeit und Zahl der Ausbrüche variirt die Höhe der entstandenen Umwallung; es kommt zur Bildung von Doppelwällen, mitunter zu „Fortblasungen“ des Gipfelkegels, und nach dem Nachlassen des Spiels der vulkanischen Kräfte zu weit reichenden Einsenkungen. Dabei ist noch an Hansens Bemerkung zu erinnern, dafs infolge der Verschiedenheit des Mondschwerpunktes vom geometrischen Zentrum jene Kräfte auf der einen Mondhälfte vielleicht viel geringerem Widerstande begegnet sein können als auf der entgegengesetzten

[13]) Researches in physical Geology (Philos. Transact.).

[14]) The Moon, considered as a Planet, a world and a satellite. London 1874.

Digitized by Google

Halbkugel. Damit würden auch die mitunter aufserordentlichen Dimensionen der Mondkrater nicht mehr so unerklärbar bleiben.

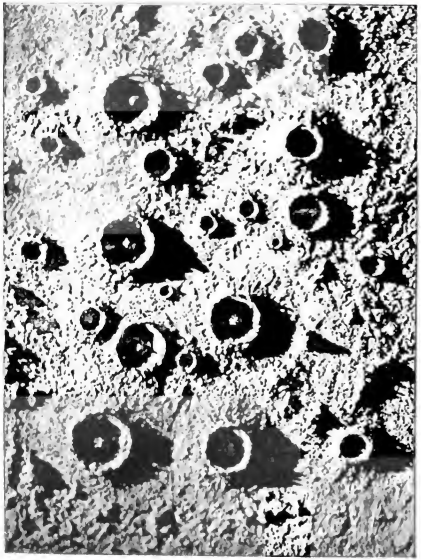
Man war früher geneigt, die Oberflächenphysiognomie des Mondes als von jener der Erde vollständig verschieden zu betrachten, eine grofsartige vulkanische Thätigkeit unseres Trabanten anzunehmen, und die Verwischung der Uebereinstimmung bemerkenswerther Konfigurationen beider Weltkörper ganz auf Rechnung der Arbeit des Wassers und der Luft zu setzen. Dies hat sich in dem Mafse geändert, wie sich unsere Kenntnifs der Topographie der Mondoberfläche, namentlich in den letzten zwanzig Jahren, weiter entwickelt hat. Die Anwendung kraftvollerer Instrumente und die hierdurch ermöglichten Detailstudien haben gezeigt, dafs sich beträchtliche Partieen, die man sonst als Ringgebirge auffafste, nur als von Bergketten umgebene Hochländer enthüllten, eine Menge Krater sich als blofse Berggipfel herausstellten, schroffe Böschungen verschwanden u. s. f.; dafür tauchte eine Menge feinen Details auf, das auch auf unserer Erde zu finden ist. Wenn man erwägt, dafs die den Erdformationen etwa ähnlichen Gebilde des Mondes wegen ihrer geringen Ausdehnung zu den am schwierigsten wahrnehmbaren Gegenständen gehören, und dafs die Erkenntnifs des wahren orographischen Charakters der Mondlandschaften schon bei den erheblichen Formationsarten, geschweige denn bei feinen Objekten, mit zwei Hauptschwierigkeiten fort und fort zu kämpfen hat, nämlich mit den komplizirten Beleuchtungs- und Librationsverhältnissen der Mondoberfläche, so wird man die Hindernisse würdigen, die in Bezug auf die Vergleichung der Oberflächen beider Weltkörper der Forschung hier entgegenstehen. Erst in neuerer Zeit häuft sich brauchbares Material, welches die Entdeckung von Analogieen im Gebirgsbau ermöglichen und einen Schlufs darüber zulassen wird, welche Kräfte etwa auf der Erde und dem Monde in ein und derselben Weise bildend gewesen sind. Bis jetzt ist nur einer der gediegenen Kenner des Mondes, Julius Schmidt, auf die Feststellung einiger Hauptlinien zu solchen Vergleichungen bedacht gewesen,[15]) indem er allgemeine, charakteristische Verhältnisse in dieser Beziehung festgestellt hat. Die Selenographen Beer und Mädler haben in ihrem grundlegenden Werke[16]) in vorsichtiger

[15]) Der Mond. Leipzig 1856.

[16]) Der Mond nach seinen kosmisch. u. indiv. Verhältnissen. 1837. — Interessenten finden dort derlei Bemerkungen über die Ringgebirge Geminus, Menelaus, Sulpicius Gallus, Aristoteles, Autolycus, aufserdem einige allgemeine Ansichten Seite 403.

Digitized by Google

Digitized by Google



Ein Theil der Mondoberfläche.

Der Vesuv und seine vulkanische Umgebung.

Gegenüberstellung vulkanischer Gegenden des Mondes und der Erde.
(Nach Nasmyth und Carpenter.)

Digitized by Google

Weise das zusammengestellt, was ihnen in Betreff auf das Wirken von Kräften in bestimmten Richtungen und an besonderen Merkmalen aufgefallen ist. Der Geologe Boué hat in einer Abhandlung[17]) die terrestrischen Eigenthümlichkeiten zusammengefafst, in denen man gegenwärtig noch die Spuren einer zerstörten oder verwischten mondartigen Plastik erkennen kann. Nach ihm liegen uralte Krater in Zentralfrankreich (Mont dor, Lozère, Puy de Dôme, Ardèche), Nordfrankreich (Spuren zwischen den Vogesen und Ardennen, der Manche und Bretagne), Spanien (das Duero-, Granada- und Madrider Becken), Rufsland (Niederungen zwischen dem Ural und Podolien), Asien (Tianschan, Altai, Pamir, Becken von Südchina) u. s. w. Als Theile ehemaliger Krater sind zu betrachten: die Ebene des Po, die wallachisch-bulgarische Niederung zwischen dem Balkan und den transsylvanischen Alpen, das spanische Becken des Ebro und Guadalquivir. Reste ähnlicher Formationen finden sich in Südwestfrankreich und dem südöstlichen England. Auf den ringgebirgähnlichen Bau und eine ehemals elliptische Form weisen verschiedene, durch Flufsläufe bestimmte Bildungen hin: so bewässern Euphrat und Tigris in Mesopotamien einen elliptischen Krater, der nach Süden offen ist und an seinen Rändern plutonische und trachytische Eruptionspunkte zeigt. In Hindustan läuft der untere Ganges in einer elliptischen Vertiefung, die nach Südost geöffnet ist. Aehnliche solche Spuren findet man in der Gobi, am unteren Irawaddi, in Frankreich zwischen der Loire, Allier, Vienne und Glain u. s. f. Die Umwallungen von Böhmen und Ungarn, Siebenbürgen, verschiedene eben solche in Kleinasien und Persien gehören gleichfalls, ohne dafs sie als Krater aufgefafst zu werden brauchen, zu bemerkenswerthen Parallelen der Mondplastik. — Nasmyth und Carpenter haben nach Beer-Mädlers Mondkarte die Ringgebirge plastisch hergestellt und photographirt. Freilich können auf solche Photographieen gegründete Schlüsse sich leicht als Illusionen erweisen. Dafs dem Anscheine nach Kongruenzen der Mond- und Erdformationen vorhanden sind, deren Eindruck durch künstliche Mittel gesteigert werden kann, während ihnen in der That nur eine sehr bescheidene Beweiskraft zukommt, sieht man aus dem diesem Aufsatze beigegebenen Doppelbilde (siehe das Titelblatt), welches dem Nasmyth-Carpenterschen Werke entlehnt ist und eine Vergleichung der unter bestimmten Be-

[17]) Ueber den Begriff der Bestandtheile einer Gebirgskette, sowie die Gebirgssystemvergleichung der Erd- und Mondoberfläche. (Sitzungsber. d. Wiener Akademie d. Wissensch. Bd. 69, I. Abth. Mathem. Klasse.)

Digitized by Google

leuchtungsverhältnissen stehenden Plastik der Umgebung von Neapel mit den Ringgebirgen einer Mondlandschaft vorstellt.

Die Frage, welche Ursachen bei der Gestaltung der Erdoberfläche, besonders in Hinsicht auf die Anordnung der Kontinente und Meere, mitgewirkt haben, können wir hier nur flüchtig berühren, da Erörterungen hierüber schon in den Bereich der Geologie gehören. Wir wollen nur zwei Hypothesen zitiren, welche kosmische Gründe dafür aufführen. Es ist auffällig, dafs die gröfsten Erhebungen, die bedeutendsten Gebirge und Plateaus sich in der äquatorealen Zone vorfinden, dafs hingegen die grofsartigsten Senkungen auf der Südhalbkugel, in den Meerestiefen des stillen Ozeans, der Südsee und des atlantischen Meeres vereinigt erscheinen. Man hat diese Vertheilung des Festen und Flüssigen resp. der Erhebungen und Senkungen aus einer ehemals anderen Stellung der Erdaxe gefolgert, indem durch eine Aenderung dieser eine plötzliche Katastrophe in der Vertheilung hervorgerufen worden sein soll. Nach F. Weifs würde nun die Anziehung des Mondes auf die äquatoreale Anschwellung der Erde, welche bei der Bildung der Erde als ellipsoidischer Körper resultirte, hinreichend gewesen sein, um eine solche Störung der Rotationsaxe zu bewirken und ein Uebergewicht der einen Erdhälfte über die andere herbeizuführen. Nach anderen Meinungen bildeten sich durch unregelmäfsige Rücksenkungen des Festen gegen den flüssigen Erdkern eine Reihe zusammenhängender grofser Hohlräume, welche schliefslich geborsten sind und die mittlerweile niedergeschlagenen Wassermassen in sich aufgenommen haben.

Digitized by Google

Der Finlaysche Komet, dessen erstmalige Wiederkehr in diesem Jahre erwartet wurde, ist von Finlay selbst am 17. Mai auf der Kapsternwarte als schwacher Nebel wieder aufgefunden worden. Wegen der ungünstigen Stellung des Kometen nahe bei der Sonne konnten sich von vornherein eigentlich nur die südlicher gelegenen Observatorien von einer Nachsuchung Erfolg versprechen; aus demselben Grunde werden auch Beobachtungen des Gestirns in unseren Breiten vorerst noch unmöglich sein.

Finlays Komet gehört bekanntlich zu der kleinen Gruppe von Kometen mit kurzer Periode, da er einen Umlauf um die Sonne schon in etwa 6,7 Jahren vollendet. Er wurde im Jahre 1886 entdeckt und zeigte anfänglich in seinen Bewegungsverhältnissen grofse Aehnlichkeit mit dem 1844 entdeckten, ebenfalls periodischen, aber seither nicht wieder aufgefundenen De Vicoschen Kometen. Die Vermuthung einer Identität zwischen den beiden Himmelskörpern, welche sich auf die Annahme einer beträchtlichen Störung des Kometen von 1844 gründete, erwies sich indessen als unzutreffend, und die nun erfolgte Auffindung des Finlayschen Kometen nahe an dem durch die Rechnung vorher bestimmten Orte ist ein fernerer Beweis dafür, dafs ein innerer Zusammenhang zwischen ihnen nicht besteht. G. W.

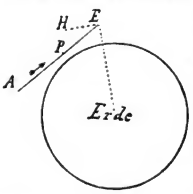
Aufsteigendes Meteor. Die Bahnbestimmung eines am 7. Juli 1892, $8^h\ 2^m$ Weltzeit, über Oesterreich und Italien gezogenen Meteors hat Prof. v. Niessl*) zu dem bemerkenswerthen Ergebnifs geführt, dafs in diesem Falle der Meteorkörper im letzten Theile der Flugbahn zweifellos eine aufsteigende Bewegung ausgeführt hat. Obgleich ein derartiges Aufsteigen eines Meteors nach Erreichung der Erdnähe P (vergl. die Figur)**) durchaus als nicht unmöglich gelten mufste, hat

*) Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. in Wien. Math.-naturw. Klasse. Bd. C II, Abth. II a.

**) Die Flugbahn A E des Meteors ist in der Figur geradlinig gezeichnet, da es ein so kleiner Theil der um die Sonne beschriebenen Hyperbel ist, dafs

Digitized by Google

doch vordem noch kein einziger Fall dieser Art mit Sicherheit festgestellt werden können. In den bisher berechneten Fällen drangen die Meteorkörper meist so tief in die Atmosphäre ein, dafs bereits vor erreichter Erdnähe eine völlige Hemmung der Bewegung und eine Auflösung der meteorischen Massen eintrat. Das Kriterium für eine zuletzt wieder aufsteigende Bahn liegt offenbar in der Höhe des Radiationspunktes (unendlich fernen Punktes der Verlängerung von EA) in Bezug auf den Horizont EH des Verlöschungspunktes E. Liegt nämlich der Radiationspunkt unter diesem Horizont, dann war die Meteorbahn zuletzt aufsteigend. Im vorliegenden Falle lag nun Punkt E in der aufserordentlichen Höhe von 158 km über einer etwa 70 km von der Tibermündung entfernten Stelle des tyrrhenischen Meeres. Der scheinbare Radiationspunkt lag in $\alpha = 349^0$, $\delta = +8^0$ und sonach $9^1/_2{}^0$ unter dem Horizont des Endpunktes E, die Bahn war also in der That eine aufsteigende. Die gesamte beobachtete, mit der rasenden Geschwindigkeit von 87 km in der Sekunde durcheilte Bahnlänge AE beläuft sich auf etwa 1100 km, und die Erdnähe P (in der Gegend von Karakal in Rumänien) war immer noch 68 km von der Erdoberfläche entfernt. Entsprechend dieser grofsen Höhe, in welcher sich die Erscheinung abspielte, war die Helligkeit der Feuerkugel keine übermäfsige, und es wurde eine Detonation nirgends gehört. Während sich mitten im Laufe wiederholt kleinere, bald verlöschende Theile vom Hauptkörper loslösten, scheint am Verlöschungspunkte eine mit Zerspringen verbundene Hemmung gar nicht stattgefunden zu haben, sondern die Massen haben sich entweder durch das Glühen allmählich gänzlich verzehrt, oder es haben gar Reste desselben schliefslich wieder unsere Atmosphäre verlassen, um im Weltraum ihre hyperbolische Bewegung um die Sonne weiter fortzusetzen. F. Kbr.



Ueber die veränderlichen Sterne, die einem bedeutenden Wechsel ihres Glanzes, aber erst in langen Zeiträumen unterworfen sind, wie H_1 o Ceti und $H_2\chi$ Cygni hat Townley vom Lick-Observatorium in

---

von der Krümmung noch nichts zu merken. Auch die Wirkung der Erdanziehung kann wegen der schnellen Bewegung der Meteore in der Regel ganz vernachlässigt werden.

Digitized by Google

einem der letzten Hefte der Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific eine längere und zusammenfassende Arbeit veröffentlicht. Die Veränderlichen überhaupt werden in fünf Klassen untergebracht, von denen die erste die neuen Sterne — wie Tychos Nova von 1572 und die vorjährige im Fuhrmann — umfafst, die dritte solche Sterne enthält, deren Lichtwechsel sich nach unbekannten Gesetzen und zwar stets in engen Grenzen vollzieht, wie Beteigeuze und α Cassiopejae, die vierte sich aus denjenigen zusammensetzt, die ihr Licht kontinuirlich, aber mit grofser Regelmäfsigkeit innerhalb eines Zeitraums von weniger als einem Monat wechseln, wie β Lyrae und δ Cephei, die fünfte aber die Sterne vom Algoltypus vereinigt, deren Licht mit grofser Regelmäfsigkeit während einer mehrtägigen Periode auf einige Stunden stark herabgeht. Die zweite Klasse endlich bilden 132 Sterne, deren Lichtwechsel sich in grofsen Perioden von mehrmonatlicher, selbst Jahre langer Dauer vollzieht, die nie weniger als 65 Tage, meist mehr

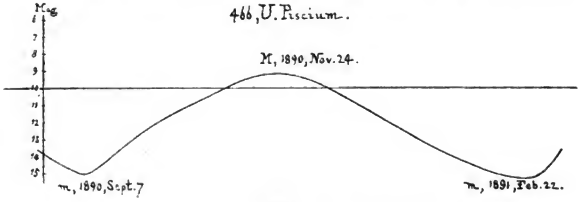


Fig. 1.

als 100 Tage und in 41 pCt. aller Fälle 300 bis 400 Tage beträgt. Der Betrag des Wechsels ist dabei gewöhnlich fünf bis acht Gröfsenklassen, was einer Vermehrung oder Verminderung des Glanzes um das 100- bis 1500-fache entspricht. Der allgemeine Verlauf der Lichtänderungen ist dabei für fast alle Sterne der zweiten Klasse derselbe; nur in Besonderheiten weicht er ab, so dafs einige Sterne flache Helligkeitsmaxima, andere scharfe besitzen, einigen scharf ausgeprägte Minima und flach verlaufende Maxima zukommen, und auch das Umgekehrte vorkommt. Fast alle aber wachsen schneller zu ihrer gröfsten Helligkeit an, als sie zum geringsten Glanze verblassen. (Vergl. z. B. die oben abgezeichnete Lichtkurve, Fig. 1.) Fast alle Sterne dieser Klasse sind von rother Farbe, und hier wie bei den anderen Klassen scheint das Gesetz zu gelten, dafs der Grad der Röthe desto höher wird, je länger die Periode ist. Dementsprechend ist auch das Spektrum dieser Sterne vom Typus III., d. h. Roth herrscht darin

Digitized by Google

vor, und es enthält ausgeprägte Absorptionsbanden. Nach den Ursachen für die Veränderlichkeit dieser Sterne suchend, wird man natürlich hier alle diejenigen Theorieen, durch die man auch die Natur der anderen Variablen zu erklären versucht hat, anzuwenden haben und dabei den verschiedenen oben bezeichneten Eigenthümlichkeiten gerecht werden müssen.

Die für die Sterne vom Algoltypus durch die Spektralmessungen zur höchsten Wahrscheinlichkeit gebrachte Theorie, dafs ein dunkler Trabant uns zeitweise das Licht des Sternes entzieht, kann hier aber schon deshalb nicht angewendet werden, weil dann das Licht der fraglichen Sterne wenigstens für die halbe Umlaufszeit des Trabanten konstant sein müfste, während die Veränderungen hier allmählich vor sich gehen. Man könnte ferner annehmen, dafs diese Sterne eine Achsendrehung durchmachen, bei der sie uns Oberflächentheile von verschiedener Albedo zeigen: bei der Gröfse der fraglichen Veränderung ist aber selbst diese Vermuthung von der Hand zu weisen, die übrigens auch den eigenthümlichen Gang der Aenderung nicht erklären würde. Die von Klinkerfues aufgestellte Hypothese, die, von dem Charakter des Spektrums ausgehend, der Atmosphäre dieser Sterne sehr absorptive Eigenschaften zumuthet und annimmt, dafs ein Trabant in derselben gewaltige Fluthwirkungen hervorbringt und so die Höhe der absorbirenden Schichten zeitweise gewaltig erhöht, bietet ebenso wenig eine Erklärung für das eigenthümliche Gesetz des Lichtwechsels, da ja dann das Intervall vom Maximum zum Minimum der Helligkeit ebenso oft kürzer wie länger sein müfste als das andere. Sodann liefse sich an eine Aehnlichkeit mit dem Tagesgestirn denken, das offenbar seine Helligkeit ändert, wenn die Zahl der Sonnenflecke ab- oder zunimmt. Wenn man die Kurve für die Häufigkeit der Sonnenflecke zeichnet und sie mit der Lichtkurve dieser Veränderlichen vergleicht, so ist eine gewisse Aehnlichkeit in der That unverkennbar. Ebenso entspricht das Erscheinen heller Spektrallinien, das man bei diesen Sternen zur Zeit des höchsten Glanzes wahrgenommen hat, dem helleren Aufleuchten der Korona zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima. Aber doch sind Unterschiede von solchem Range vorhanden, dafs sie gegen diese Hypothese den Ausschlag geben. Die Sonne erreicht nämlich ihren höchsten Glanz gerade zur Zeit ihrer höchsten Thätigkeit, d. h. wenn die Zahl der Flecke ihr Maximum erreicht, während man das Umgekehrte erwarten sollte. Andererseits ist die Differenz ihrer maximalen und minimalen Helligkeit eine sehr geringe im Vergleich mit derjenigen unserer Variablen. Es ist auch gar nicht zu

Digitized by Google

verstehen, dafs der Niederschlag erkalteter und starr gewordener Materie, durch die man sich ja die Fleckenbildung erklärt, je einen so hohen Grad erreichen sollte, dafs er eine Helligkeitsänderung um das Tausendfache erklären könnte. Schliefslich hat auch die Sonne einen ganz anderen Spektralcharakter als unsere Variablen. So bleibt uns nur noch die von Lockyer aufgestellte Hypothese übrig, dafs wir in diesen Sternen es gar nicht mit kompakten Körpern zu thun haben, sondern dafs sie aus Massen von kleinen Himmelskörpern bestehen, also Meteorschwärme sind. Wenn wir uns für einen Augenblick auf den Boden dieser Theorie begeben wollen, so wird es uns in der That gelingen, eine hinreichende Erklärung für das sonderbare Phänomen zu finden. Nehmen wir dazu nur an, dafs um jenen Körper oder besser jenen Meteorschwarm ein eben solcher in einer sehr ex-

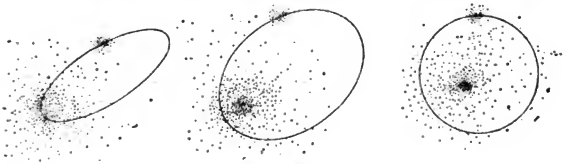


Fig. 2.

centrischen Bahn sich herumbewegt (vgl. Fig. 2), dann wird es möglich sein, dafs die Sterne zu gewissen Zeiten einander nahe genug kommen, um die Zusammenstöfse zwischen den einzelnen Elementen zu vervielfachen, und ein stärkeres Aufleuchten des Objekts hervorzubringen, während zu anderen Zeiten jenes Aufleuchten seltener ist. Die sekundären Maxima liefsen sich durch das Eindringen eines zweiten Meteorschwarms in den ersten wohl erklären, und so bleibt nichts bei dieser Theorie unerklärt. Sie ist es ja auch, die mit Vortheil für die Erklärung des vorjährigen neuen Sternes sich anwenden liefs; und wenn man erwägt, dafs wir in den Meteorschwärmen der Leoniden und Andromediden, die uns seit langen Zeiten bekannt sind, solche Meteorschwärme kennen, die trotz ihres langjährigen Bestandes noch nicht in einen gleichmäfsig dichten Ring aufgelöst sind, so läfst sich an dieser Erklärung in der That kaum etwas aussetzen. Freilich wird besonders von den Spektralforschern noch einiges geschehen müssen, um die Wahrscheinlichkeit des Prinzips, das Lockyer hier aufgestellt hat, festzustellen. Sm.

Digitized by Google

Das Augenleuchten und die Erfindung des Augenspiegels, dargestellt in Abhandlungen von v. Brücke, Cumening, v. Helmholtz und Rüte. Hamburg u. Leipzig, Verl. v. Leop. Voss. Preis geb. 2,50 M.

Das vorliegende, sehr sauber ausgestattete Büchlein bildet den ersten Band einer Sammlung älterer Beiträge zur Physiologie der Sinnesorgane, welche Prof. A. König herauszugeben beabsichtigt. Das Unternehmen wird sicherlich in den Kreisen der Physiologen und Aerzte ebenso freudig begrüßt, wie Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften in den betreffenden Fachkreisen. Von den im vorliegenden Bande abgedruckten 6 Abhandlungen behandeln die ersten drei von Brücke und Cumening das ohne Instrument unter Umständen zu beobachtende Augenleuchten, während die drei letzten Abhandlungen von Helmholtz und Rüte die Erfindung des Augenspiegels und den Gebrauch desselben in seiner einfachsten Gestalt zum Gegenstand haben. F. Kbr.

Wildermann: Jahrbuch der Naturwissenschaften. 8. Jahrgang. 1892—93. Freiburg i. B. 1893, Herderscher Verlag. Preis 6 M., geb. 7 M.

Dem von uns bei der Anzeige des vorigen Jahrgangs ausgesprochenen Wunsche, auch auf dem Gebiet der Astronomie alle wichtigeren neuen Entdeckungen zu besprechen, ist von Seiten der Redaktion bereitwillig Folge gegeben worden, was wir hiermit dankbar anerkennen. Im übrigen zeigt auch der vorliegende Jahrgang die gleiche Reichhaltigkeit und das gleiche Geschick in der Auswahl der wichigsten Fortschritte der gesamten Naturwissenschaften und der Technik, wie seine bereits früher empfohlenen Vorgänger. F. Kbr.

Druckfehlerberichtigung.

In der Bezeichnung der Marskarten im letzten Hefte sind zwei Fehler unterlaufen: Unter die Karte auf Seite 415 ist dieselbe Unterschrift gesetzt wie unter die vorangehende; es ist statt ihrer darunter zu setzen „Karte des Mars von Kaiser aus dem Jahre 1864". Unter die zweite Karte auf Seite 423 ist zu setzen „Kanäle, beobachtet von Perrotin und Thollon im Jahre 1886". Diese Karte selbst ist eine Reproduction der allbekannten Zeichnung Schiaparellis, und nur die darauf mit Buchstaben versehenen Kanäle sind von den Nizzaer Beobachtern verificirt worden. D. R.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Galileo Galilei.

Vortrag, gehalten im mathematischen Verein zu München
von Professor Dr. **von Braunmühl.**

Am 7. Dezember des vergangenen Jahres hat die Universität Padua unter zahlreicher Betheiligung von Gelehrten und Gebildeten aller Nationen ein Fest gefeiert zum Gedächtnifs eines Mannes, dessen Andenken nie erlöschen wird, solange die Menschheit die Freiheit des Denkens und die Freiheit der wissenschaftlichen Forschung als die höchsten idealen Güter des Lebens betrachtet.

An diesem Tage waren es nämlich 300 Jahre geworden, seit Galileo Galilei seine Lehrthätigkeit in Padua begonnen hatte — ein Zeitpunkt, der nicht nur von jener Stadt im Gedächtnifs behalten und gefeiert zu werden verdient, sondern der für die ganze gebildete Welt von Interesse und Bedeutung ist, da während Galileis Aufenthalt in Padua einerseits seine unvergleichliche Lehrbegabung zur glänzenden Entfaltung gelangte, und andererseits die Grundlagen zu seiner reformatorischen Thätigkeit im Gebiete der Naturphilosophie geschaffen wurden.

Es dürfte daher wohl am Platze sein, wieder einmal auf diesen gewaltigen Mann hinzuweisen, von dessen Auftreten an eine neue Aera der naturwissenschaftlichen Forschung datirt werden mufs, und unter Schilderung der wichtigsten Momente seines ereignifsreichen Lebens vor allem die Stellung zu charakterisiren, die ihm als dem Träger neuer bahnbrechender Ideen unter seinen Zeitgenossen zukommt.

Nach den neuesten Forschungen ist Galileo Galilei wahrscheinlich am 15., nicht am 18. Februar 1564 zu Pisa geboren als Sohn des Vincenzio di Michelangelo Galilei aus Florenz und dessen Gattin Giulia di Cosimo Ammananti aus Pescia. Sein

Digitized by Google

Vater stammte aus einer vornehmen Familie, war aber mehr mit Kindern als mit irdischen Glücksgütern gesegnet. Doch liefs er sich die Erziehung seiner Nachkommen sehr angelegen sein und unterrichtete, als ein Mann, der selbst in den Künsten vielfach bewandert war, namentlich den jungen Galilei schon frühzeitig in der praktischen und theoretischen Musik, die auch Zeit seines ganzen Lebens die Erholung von seinen ausgedehnten Studien blieb. Wie sich Galileo später im Lautenspiele so hervorthat, dafs er mit den hervorragendsten Vertretern dieser Kunst wetteiferte, so brachte er es auch im Zeichnen und Malen so weit, dafs die bedeutendsten Künstler seiner Zeit, wie Bronzino und Cigoli, oft seine Ansichten und seinen Rath einholten.

Sein Vater, der selbst einen Tuchhandel betrieb, hatte ihn zuerst für den kaufmännischen Beruf bestimmt; als er aber seine eminenten Fortschritte im Studium der klassischen Sprachen sah, die er unter Leitung eines sehr mittelmäfsigen Lehrers betrieb, sowie seine Geschicklichkeit in der Konstruktion von Maschinen aller Art erkannte, gab er seine Absicht auf und schickte ihn im Alter von 17 Jahren zum Studium der Medizin, das damals sehr einträglich war, auf die Hochschule in Pisa, wo er am 5. September 1581 immatrikulirt wurde. Hier studirte er neben Medizin auch die peripatetische Philosophie, die damals allgemein gelehrt wurde, und eignete sich die gründlichsten Kenntnisse in dieser Wissenschaft an, um sie dann zeitlebens mit den scharfen Waffen seines Geistes zu bekämpfen.

In diese Zeit seines Studienaufenthaltes in Pisa fällt bereits die Entdeckung des Isochronismus der Pendelschwingungen[1]) (1582) — die Geschichte von der schwingenden Lampe im Dome zu Pisa, die ihn auf diese Entdeckung geführt haben soll, ist ja allgemein bekannt. — Auch soll Galilei diese Entdeckung zur Konstruktion eines Apparates zur Messung der Pulsschläge verwerthet haben, doch ist uns hierüber nichts Genaueres überliefert.

Damals hatte Galilei noch nicht die mindesten mathematischen Kenntnisse, und wir haben auch nur Vermuthungen und märchenhafte Erzählungen darüber, wie er zu dem Studium dieser Wissenschaft geführt wurde. Nur soviel ist sicher, dafs er von Ostilio Ricci, einem Lehrer der Mathematik in Pisa, seinen ersten Unterricht im Euklid genofs und bald solche Freude an der Geometrie fand, dafs er in

[1]) Man versteht darunter bekanntlich das Gesetz, dafs die Schwingungszeit von der Gröfse des Ausschlagwinkels unabhängig ist.

Digitized by Google

seinen Vater drang, ihm die Erlaubnifs zum Aufgeben des medizinischen Studiums zu ertheilen, was derselbe auch nach langem Zögern und mit schwerem Herzen that, nachdem er sich von dem unüberwindlichen Hange seines Sohnes zu den mathematischen Wissenschaften überzeugt hatte.

Da aber Vincenzio Galilei nicht die Mittel besafs, um seinen Sohn noch länger in Pisa studiren zu lassen, und da daselbst auch nicht besonders viel in der Mathematik zu holen war, so kehrte Galilei nach Florenz zurück und widmete sich mit aller Energie dem Studium der alten Geometer. Aus dieser Zeit sind uns einige Arbeiten von ihm bekannt. Archimedes Bestimmung des Silber- und Goldgehaltes der Krone des Königs Hiero von Syrakus durch Wägung veranlafste ihn zur Erfindung der hydrostatischen Waage. Aufserdem machte er eingehende Studien über den Schwerpunkt der Körper, um die Lücken in einem Werke des Commandinus zu ergänzen, bis er fand, dafs Luca Valerio die Theorie des Schwerpunktes bereits vollständig behandelt hatte. Namentlich diese letzteren mathematischen Arbeiten, von denen erst jüngst Bruchstücke im ersten Bande der neuen Galilei-Ausgabe publizirt wurden, machten den Marquis Guido Ubaldo del Monte, einen hervorragenden Mathematiker der damaligen Zeit, auf ihn aufmerksam und flöfsten ihm solche Bewunderung ein, dafs er sagte, seit Archimedes sei kein solches Genie mehr in der Wissenschaft erschienen wie Galilei. Dieser Guido Ubaldo und sein Bruder, der Kardinal Francesco Maria del Monte, nahmen sich warm des jungen Galilei an und verschafften ihm durch ihre Empfehlung im Juli 1589 vorerst auf drei Jahre den Lehrstuhl der Mathematik in Pisa, der durch den Tod von Galileis erstem Lehrer Ricci erledigt war. Das Gehalt, das er hier bezog, betrug allerdings nur 1 Frcs. täglich, aber Galilei war doch wenigstens für den Augenblick von der drückendsten Noth befreit.

Schon damals widmete er sich mit aller Energie dem Studium der Bewegungsgesetze, die er als den Schlüssel zu einer richtigen Erkenntnifs der Naturerscheinungen ansah.

Aber auch schon von diesem Zeitpunkte an ist der Beginn des Kampfes zu datiren, den Galilei sein ganzes Leben hindurch gegen die Aristotelischen Prinzipien der Naturphilosophie führte, die mit einer jetzt gar nicht mehr zu begreifenden Gewalt damals alle Geister beherrschte.

Wohl hatten schon vor ihm einige selbständige Köpfe, wie Varchi (1544) und Benedetti (1553) diese Schranken zu durch-

Digitized by Google

brechen gesucht, aber es fehlte ihnen theils die hinreifsende Macht der Beredtsamkeit, die Galilei besafs, theils auch der Muth und die geistige Kraft, um aus ihren Anschauungen die letzten Konsequenzen zu ziehen. Wir besitzen aus jener Zeit von Galilei noch zwei Abhandlungen, in denen er die Fallgesetze behandelt; die eine mit dem Titel „De motu", wurde zum ersten Male im ersten Bande der neuen Ausgabe seiner Werke veröffentlicht, während die andere: „Sermones de motu gravium", die etwas später entstand, seit 1854 bekannt ist. In beiden Abhandlungen greift er die Aristotelische Ansicht an, dafs es schwere und leichte Körper gebe, indem er behauptet, dafs jeder Körper der Schwere unterworfen ist; ferner wendet er sich gegen die Ansicht, dafs die Geschwindigkeit der fallenden Körper ihrem Gewichte direkt und der Dichte des Mediums, in welchem der Fall stattfindet, umgekehrt proportional sei; auch findet er bereits das Gesetz, dafs die Geschwindigkeiten beim freien Fall proportional der Zeit wachsen, und beweist es durch Experimente mittelst der Fallrinne; endlich wendet er sich gegen die Anschauung, dafs bei der sogenannten gewaltsamen Bewegung, wie z. B. beim Wurfe, die Ursache der Fortdauer der Bewegung nach Aufhören des veranlassenden Stofses in dem bewegten Mittel — der Luft — liege. Nach Galileis Ansicht erklärt sich dieser Umstand vielmehr aus der „virtus impressa", d. h. aus einer dem bewegten Körper durch die ursprüngliche Bewegungsursache „eingeprägten Kraft" oder, was dasselbe ist, aus dem Beharrungsvermögen, eine Erklärung, die übrigens auch schon sein Vorläufer Benedetti gegeben hatte.

Allerdings sind seine Anschauungen über diese „eingeprägte Kraft" noch vielfach unrichtig, indem er z. B. glaubt, dieselbe nehme mit der Fortdauer der Bewegung beständig ab, um schliefslich ganz zu erlöschen. Auch unterscheidet Galilei in den Sermones im Anschlufs an Aristoteles beständig zwischen natürlicher und gewaltsamer Bewegung und behält diese merkwürdige Auffassung, die der Weiterentwickelung der Mechanik am meisten im Wege stand, auch in den reifsten Schriften der späteren Periode seines Lebens bei. Aber wenn auch seine Ansichten damals und manchmal auch später noch nicht überall das Richtige trafen, so hat er doch das unschätzbare Verdienst, dafs er überhaupt die Bewegung beobachten lehrte und durch seine Fallversuche, die er anfser mit der schiefen Ebene auch auf dem schiefen Thurme von Pisa anstellte, zum ersten Male das Experiment als um der Spekulation ebenbürtiges Mittel der wissenschaftlichen Forschung einführte.

Digitized by Google

Auf diese Sermones, von denen ich nur weniges mitgetheilt habe, ist Galilei noch einmal am Ende seines Lebens zurückgekommen. Sie bilden nämlich das Fundament seines grofsartigsten Werkes, der „Discorsi", in denen er die Gesetze der gleichförmigen und der gleichförmig beschleunigten Bewegung niederlegte und so die Basis der Dynamik schuf. Dabei ist es wichtig, zu bemerken, dafs Galilei viele Sätze fast wörtlich aus den Sermones in seine Discorsi aufnehmen konnte, weil daraus hervorgeht, dafs er schon anfangs der zwanziger Jahre seines Lebens seine Grundgedanken fafste und sogar deren wesentlichste Konsequenzen zog.

Obgleich die Neuheit und Schönheit seiner Experimente, vor einem immensen Publikum ausgeführt, einerseits einen grofsen Enthusiasmus errregten, so riefen sie andererseits auch Neid hervor. Zugleich machten ihm seine Angriffe gegen die Aristotelische Schulweisheit die herrschenden Peripatetiker zu Feinden, zumal er schon damals, wie überhaupt während seines ganzen Lebens, den Streit selten auf das absolut nöthige Mafs beschränkte, sondern ihn geradezu aufsuchte. Doch kümmerte sich Galilei sehr wenig um den Anstofs, den er durch seine reformatorischen Bestrebungen erregte, da er sich durch die Gunst seines Landesherrn gesichert glaubte. So sagt er z. B. in den Sermones einmal: „Quod hoc multorum opinioni adversetur, nil mea refert, dummodo rationi et experientiae congruat."[2])

Aber diese Gunst wurde durch die Einflüsterungen seiner Gegner allmählich geschwächt und war bald ganz verscherzt, als er eine Maschine für unbrauchbar erklärte, welche Johann von Medici, ein natürlicher Sohn des Fürsten Cosmo I., zur Reinigung des Hafens von Livorno erfunden hatte. So mufste Galilei, nachdem sein Triennium vorüber war, Pisa verlassen und stand ohne Mittel und Stellung der drückenden Aufgabe gegenüber, die zahlreiche von seinem inzwischen verstorbenen Vater hinterlassene Familie zu erhalten. Doch kam ihm auch diesmal wieder sein Gönner Guido Ubaldo hilfreich entgegen, indem er ihn an den reichen Patrizier Salviati in Florenz empfahl, der ihn thatkräftig unterstützte und mit dem vornehmen Venetianer Sagredo bekannt machte. Dieser verschaffte ihm zunächst auf 6 Jahre den Lehrstuhl der Mathematik in Padua, der durch den Tod Molettis erledigt war. Die beiden genannten Männer Salviati und Sagredo blieben zeitlebens Galileis beste Freunde,

[2]) Dafs dies der Ansicht vieler widerspricht, ist mir ganz gleichgültig, wenn es nur mit der Vernunft und der Erfahrung übereinstimmt.

Digitized by Google

und zum Danke dafür errichtete er ihnen ein unvergängliches Denkmal, indem er sie in seinen unsterblichen Dialogen über die beiden Weltsysteme wie in seinen Discorsi als redende Personen einführte.

Am 7. Dezember 1592 also begann Galilei seine Lehrthätigkeit in Padua, die er in einer Stadt, die unter dem Senate der Republik Venedig stand, mit weit gröfserer Freiheit als in Pisa auszuüben im stande war. Hier hielt er Vorlesungen über Gnomonik, Mechanik, sphärische Astronomie und Befestigungskunst, und zwar vor so zahlreichem Publikum, dafs die gröfsten Säle, die in Padua zu finden waren, die Menge der Zuhörer nicht fassen konnten, ein bis dahin nie dagewesenes Ereignifs, denn die mathematischen Vorlesungen hatten vor Galilei so wenig Zugkraft, dafs es sich für die Staaten kaum verlohnte, einen Professor der Mathematik anzustellen. Der Grund dieser Erscheinung war ein doppelter: Einmal wufste Galilei jedes der ihm vorgeschriebenen Kapitel von ganz neuem Standpunkte aus zu behandeln und durch Experimente und Demonstrationen zu erläutern, und dann war seine Lehrbegabung eine so eminente, sein Vortrag von solcher Klarheit und Durchsichtigkeit, seine Diktion auf dem Katheder wie in seinen Schriften von so klassischer Schönheit, dafs er alle seine Zuhörer unwiderstehlich mit sich fortrifs.

Von dem Inhalt der Vorträge in Padua sind uns nur Bruchstücke erhalten, die theilweise noch nicht veröffentlicht wurden, doch können wir einiges darüber anführen, und heben das Interessanteste hervor.

Eine Vorlesung über Mechanik, die uns erhalten blieb, wurde im Jahre 1634 von dem berühmten P. Mersenne in Paris ins Französische übersetzt und veröffentlicht und 15 Jahre später in italienischer Sprache von Luca Danesi herausgegeben. In derselben behandelt Galilei die Gesetze der Statik, indem er von der Definition des Momentes einer Kraft ausgeht. Darunter versteht er aber nicht die spezielle Idee, die wir heute mit diesem Begriffe in der Statik verbinden, sondern er fafst den Begriff viel weiter und allgemeiner, indem er darunter die Wirkung, die Energie oder den „impetus“ der Kraft versteht, welcher nöthig ist, um die Maschine in Bewegung zu setzen, so dafs zwischen zwei Kräften dann Gleichgewicht besteht, wenn ihre Momente, die im stande sind, die Maschine nach entgegengesetzten Richtungen zu bewegen, einander gleich werden. Dabei setzt er das Moment proportional der Kraft multiplizirt mit der virtuellen, d. h. möglichen Geschwindigkeit in der Kraftrichtung. Von diesem Prinzip der virtuellen Geschwindig-

Digitized by Google

keiten, das wohl von Leonardo da Vinci erkannt und von Guido Ubaldo auf den Hebel angewendet worden war, machte Galilei schon damals und später in den Discorsi den ausgedehntesten Gebrauch, um die Gleichgewichtsbedingungen für die sämmtlichen einfachen Maschinen zu erhalten.

Nebenbei sei bemerkt, dafs spätere Schriftsteller dieses Prinzip wieder verliefsen. Erst Johann Bernoulli wies 1717 auf seine Wichtigkeit hin, und Lagrange machte es dann zum Fundament seiner analytischen Mechanik, indem er aber ausdrücklich bemerkte, dafs schon Galilei in seinen Discorsi dasselbe als eine überall anwendbare Grundanschauung auffafste, in der zugleich die Vorstellung von der wahren Ursache des Gleichgewichtes und überhaupt des gegenseitigen Aufwiegens der Kräfte zu suchen sei.

Aufser mit den statischen Untersuchungen, die in der angeführten Abhandlung enthalten sind, beschäftigte sich Galilei damals auch mit der Ausbildung der reinen Bewegungslehre. So kannte er schon 1602 den Satz, dafs die sämtlichen Sehnen, welche in dem tiefsten Punkte eines vertikal stehenden Kreises zusammenlaufen, von einem schweren Punkte in derselben Zeit durchfallen werden. Ferner hatte er sich auch damals schon mit dem Wesen der beschleunigten Bewegung insoweit vertraut gemacht, als er die Nothwendigkeit erkannte, dafs der sich bewegende Körper, um vom Zustande der Ruhe ausgehend einen gewissen Geschwindigkeitsgrad zu erlangen, alle zwischenliegenden Geschwindigkeitsstufen durchlaufen haben müsse. Diese Nothwendigkeit betont er auch in seinen späteren Schriften mit der gröfsten Bestimmtheit und Klarheit, weil das Verständnifs gerade dieses Punktes Galileis Zeitgenossen die gröfste Schwierigkeit bereitet zu haben scheint.

Es wird gut sein, wenn wir, an diesem Punkte angelangt, den historischen Gang unserer Darlegung unterbrechen und eine Erörterung über die schon wiederholt erwähnten Discorsi einschalten, um so Galileis Leistungen im Gebiete der Mechanik zusammenfassend besprechen zu können.

Diese Discorsi oder „Gespräche und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend", wie der vollständige Titel lautet, sind die reifste Frucht seines schöpferischen Geistes. Schon beim Beginne seiner wissenschaftlichen Thätigkeit erkannte Galilei, wie erwähnt, das Studium der Gesetze der Bewegung als den Angelpunkt der richtigen Erkenntnifs der Naturerscheinungen. Dieses

Digitized by Google

Studium bildet die Basis aller seiner späteren physikalischen Arbeiten, und nachdem er sich mühsam durchgerungen zu einer neuen und durchaus selbständigen Auffassung der Bewegungserscheinungen, zu jener Auffassung, die das Fundament unserer heutigen Mechanik bildet, war es ihm noch gegönnt, seine unsterblichen Forschungen der Nachwelt in diesen Gesprächen zum grofsen Theile in fertiger Form zu überliefern.

Im Jahre 1638, als Galilei längst von der Inquisition verurtheilt und bereits erblindet war, erschienen die Discorsi als eine Unterredung zwischen seinen beiden schon lange verstorbenen Freunden Salviati und Sagredo und einem Vertreter der Aristotelischen Richtung Simplicius. In ungezwungenem Gesprächston verkehren diese drei Männer an 6 Tagen miteinander; Salviati ist es, der des Autors Person vertretend, die neuen Ideen entwickelt, d. h. alles das, was Galilei während seines langen Lebens über die Gesetze der Statik und Dynamik Neues gefunden hatte. Sagredo trägt durch geistreiche Einwürfe und Fragen zur Klärung der Begriffe bei, während Simplicius, der als echter Peripatetiker wenig von Mathematik versteht, den auf seine Wissenschaft stolzen Zweifler darstellt, der sich übrigens oftmals durch die klaren Deduktionen Salviatis und Sagredos klein beizugeben gezwungen sieht.

Da die Kürze der Zeit es nicht gestattet, näher auf den Inhalt des grundlegenden Werkes einzugehen, so will ich wenigstens versuchen, in kurzen Worten das zu schildern, was das Werk für die Nachwelt unsterblich gemacht hat, nämlich die darin eingeschlagene Forschungsmethode und die neu gewonnenen Prinzipien der Mechanik.

Galileis Methode der Untersuchung unterscheidet sich dadurch von der seiner Vorgänger, dafs er nicht wie diese fragt, welche Ursachen es sind, die die Bewegung hervorrufen, sondern wie die Bewegung vor sich geht; er betrachtet dieselbe in der Natur, in der Bewegung der Thiere, im freien Fall der Körper und deducirt durch Anwendung mathematischen Denkens die Gesetze, nach welchen die Erscheinungen sich zeigen. Bei ihm deckt sich daher die Aufgabe der Mechanik vollständig mit dem Begriffe, den Kirchhoff an die Spitze seiner Mechanik stellte, indem er sagt: „ihre Aufgabe ist es, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.“ Auch ist sich Galilei dieses Unterschiedes seinen Vorgängern gegenüber vollständig

Digitized by Google

bewufst, denn er sagt am Eingange zum 3. Tage seiner „Gespräche“ wörtlich:

„Einiges von geringerer Bedeutung hört man nennen (nämlich von Seiten seiner Vorgänger), wie z. B. dafs die natürliche Bewegung fallender schwerer Körper eine stetig beschleunigte sei. In welchem Mafse aber diese Beschleunigung stattfinde, ist bisher nicht ausgesprochen worden; denn soviel ich weifs, hat niemand bewiesen, dafs die vom fallenden Körper in gleichen Zeiten zurückgelegten Strecken sich zueinander verhalten, wie die ungeraden Zahlen. Auch hat man wohl beobachtet, dafs Wurfgeschosse eine gewisse Kurve beschreiben, dafs diese aber eine Parabel sei, hat niemand gelehrt. Die Richtigkeit dieser Sätze und noch vieles andere Wissenswerthe wird von mir bewiesen werden, und es wird, was, wie ich glaube, höher anzuschlagen ist, der Zugang zu einer höchst umfassenden und vorzüglichen Wissenschaft erschlossen werden, für welche diese unsere Arbeiten die Elemente bilden müssen, und in welcher tiefer eindringende Geister das Verborgenere und Entlegenere beweisen werden.“

Klarer hätte er wohl kaum die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft seiner Wissenschaft zusammenfassen können!

Mit den dynamischen Betrachtungen verknüpft erscheinen bei Galilei die Untersuchungen über die Gesetze der Statik, und das sie verknüpfende Element ist das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten. Denn er fafste den Gleichgewichtszustand immer als eine Grenze der möglichen Bewegungen des Systems auf.

Besonders betont hatte er dieses Gesetz bereits in seinem 1612 erschienenen Buche über die schwimmenden Körper, wo er dasselbe auf das Gleichgewicht und die Bewegung in Flüssigkeiten anwandte. So gelang es ihm dort zum ersten Male, die Hydrostatik als ein Glied der allgemeinen Mechanik darzustellen, indem er in dem Prinzipe der virtuellen Geschwindigkeiten das passendste Mittel zur Erklärung der Gleichgewichtsgesetze der Flüssigkeiten erkannte.

Doch findet sich ein wesentlicher Mangel in Galileis Einsicht in die Prinzipien der Mechanik, den er nie ganz auszugleichen verstanden hat; er kennt nämlich nur theilweise die Möglichkeit, eine Kraft auf eine bestimmte Richtung zu reduziren. Denn nur bei der Darstellung des horizontalen Wurfes bedient er sich des Kräfteparallelogrammes, oder besser Rechteckes, das aus der verti-

Digitized by Google

Studium bildet die Basis aller seiner späteren physikalischen
und nachdem er sich mühsam durchgerungen zu einer
durchaus selbständigen Auffassung der Bewegungsers
jener Auffassung, die das Fundament unserer he
bildet, war es ihm noch gegönnt, seine unsterbliche
Nachwelt in diesen Gesprächen zum grofsen The
zu überliefern.

Im Jahre 1638, als Galilei längst von
und bereits erblindet war, erschienen die Di
zwischen seinen beiden schon lange vers
und Sagredo und einem Vertreter de
Simplicius. In ungezwungenem Ge
Männer an 6 Tagen miteinander; Sa
vertretend, die neuen Ideen entwicke
seines langen Lebens über die
gefunden hatte. Sagredo
Fragen zur Klärung der Be
echter Peripatetiker wenig
Wissenschaft stolzen Zu
durch die klaren Dedu
zugeben gezwungen

Da die Kürz
des grundlegend
suchen, in kur
Nachwelt uns
Forschun
Mechani

G
von
sac
B

Daraus hat man mit Unrecht geschlossen, Galilei habe die
Beharrung in der Kreisbewegung als Naturgesetz angesehen. Dagegen spricht nämlich z. B. eine Stelle am Eingang zum 4. Tage der „Gespräche". Galilei sagt daselbst, bevor er die Wurfbewegung zu behandeln beginnt, wörtlich: „Wenn ein Körper ohne allen Widerstand sich horizontal bewegt, so ist aus allem Vorhergehenden, ausführlich Erörterten, bekannt, dafs

wegung eine „gleichförmige" sei und unaufhörlich
he auf einer unendlichen Ebene. Ist letztere hin-
renzt und ist der Körper schwer, so wird derselbe,
r Horizontalen angelangt, sich weiterbewegen
r gleichförmigen unzerstörbaren Bewegung
e durch die Schwere erzeugte, so dafs eine
zte Bewegung entsteht, die ich Wurfbe-
Hier ist also in ganz anderer Weise als in den
ite des Beharrungsprinzipes verwerthet, die ge-
gung nöthig ist; und so liefsen sich noch ver-
en, die für meine Behauptung sprechen, dafs
ite und Bedeutung des Prinzipes vollständig
ch nicht zu einem Satze formulirte. Nun
her eine Naturthatsache in allen ihren
Entdecker zu bezeichnen oder erst der,
ssend, ihnen den Ausdruck eines Ge-
n diese Frage beantwortet, Galilei
Trägheit zu bezeichnen oder nicht.
Wohlwill in seinen Untersuchungen
ein Geist vom Range Balianis,
schöpferische Begabung, um den
as dieser unausgesprochen ge-
mente dieses Prinzipes in der
ammenzufassen. Doch kehren wir
schweifung über Galileis mechanische
r weiteren Thätigkeit in Padua zurück.

erschöpfte sich nicht in seinen theoretischen Arbeiten und
einem Lehrberufe, sondern sie erstreckte sich auch auf die praktische Anwendung. Aus diesem Umstande ging die Erfindung eines Proportionalzirkels 1597 hervor, über den Galilei 1606 eine eigene Schrift veröffentlichte, die noch erhalten ist. In dieser Abhandlung beschreibt er die Konstruktion des Proportionalzirkels und bespricht eingehend dessen Verwendung für die Zwecke des Ingenieurs. Wenn auch kein Zweifel besteht, dafs vor Galileis Erfindung schon ähnliche Instrumente bestanden hatten, so hat er dieselben doch so wesentlich verbessert, dafs ihre Verwendbarkeit in hohem Mafse gesteigert war. Auch machte er mit dieser Erfindung damals grofses Aufsehen und setzte eine Menge Instrumente im In- und Auslande ab. Jetzt ist freilich dieser Proportionalzirkel durch Jobst Bürgis ungefähr gleichzeitig erfundenen Reduktionszirkel längst verdrängt.

Digitized by Google

In die Zeit zwischen 1593 und 1597 fällt auch nach Angabe Vivianis, des Biographen und letzten Schülers von Galilei, die Erfindung eines Lufthermometers in einfachster Form. Die Neuheit des Gedankens bei dieser Erfindung besteht darin, die direkt nur dem Gefühle wahrnehmbare gröfsere oder geringere Wärme dem Gesichtssinn zugänglich zu machen. Dafs die Ausführung des Instrumentes noch sehr mangelhaft war, indem dasselbe namentlich auch den Schwankungen des Luftdruckes ebenso ausgesetzt war wie der Temperatur, schmälert nicht das Verdienst der Originalität des Gedankens. Man hat diese Erfindung für verschiedene Zeitgenossen Galileis in Anspruch genommen, aber mit Unrecht, denn Briefe Sagredos aus jener Zeit an Galilei lassen deutlich das Anrecht desselben auf die Priorität der Erfindung erkennen.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter.

Von Dr. M. Wilhelm Meyer.

(Fortsetzung.)

Unter den Forschern, welche die Aehnlichkeit des Planeten Mars mit der Erde und seine Bewohnbarkeit in Zweifel ziehen, nehmen der Direktor der Lick Sternwarte, Professor Holden, und der Observator derselben Sternwarte, Professor Schaeberle, die vornehmste Stelle ein. Die Meinungen dieser beiden Männer — denn nur von Meinungen, keineswegs von Beweisen für oder wider kann leider die Rede sein — fallen um so schwerer ins Gewicht, als sie in der glücklichen Lage sind, jene merkwürdige Nachbarwelt mit dem kräftigsten aller bis jetzt vorhandenen Sehwerkzeuge untersuchen zu können.

Es mufs hier jedoch sogleich eingefügt werden, dafs die Gröfse des Objektivs, d. h. die gröfsere Lichtfülle des Instruments, durchaus keinen wesentlichen Vortheil für die Beobachtung des Mars gegenüber kleineren Instrumenten bietet. Ja, als Schiaparelli, der seine epochemachenden Untersuchungen bekanntlich mit einem nach heutigen Begriffen sehr kleinen, achtzölligen Fraunhoferschen Refraktor angestellt hat, einen in allen Theilen ganz vortrefflichen Achtzehnzöller, der inzwischen gebaut worden war, auf das wohlbekannte Objekt richtete, war er in der ersten Zeit recht enttäuscht; er bekannte oft, dafs er zeitweise in dem alten Achtzöller mehr sehe, als in dem so ungemein viel mächtigeren neuen Sehwerkzeuge, und erst nach und nach gelang es, ihm bessere Resultate abzuzwingen. Dem Astronomen sind die Ursachen, welche solche scheinbaren Anomalien hervorbringen, sehr wohl bekannt; wir können uns jedoch hier nicht weiter darauf einlassen. Es kommt eben nicht auf Lichtfülle an, die Mars auch für kleinere Instrumente zur Genüge besitzt, sondern auf möglichst feine Definition, die durch Ueberstrahlungen und andere Fehler gerade bei grofsen Instrumenten leichter getrübt wird.

Digitized by Google

Wie Professor Schaeberle den Mars während der letzten 1892er Opposition in dem grofsen Instrumente der Lick Sternwarte gesehen hat, zeigt die als Titelblatt beigegebene Tafel, welche nach einer uns von Herrn Professor Holden gütigst zur Verfügung gestellten Photographie der Originalzeichnung hergestellt ist.

Welche Ueberzeugungen man nun auf der Lick Sternwarte über den Zustand des Planeten Mars besitzt, geht aus einem von Professor Holden vor einigen Monaten in einer amerikanischen Revue unter der Ueberschrift „What we really know about Mars" veröffentlichten Artikel hervor. Nachdem er in demselben zunächst die unumstöfslichen geometrischen Gröfsen- und Lagenverhältnisse der Marskugel und ihrer Bahn angegeben und kurz resumirt hat, was man seit Galilei auf der Oberfläche des Mars beobachten konnte, stellt er der Flammarionschen zwei andere Hypothesen gegenüber, die derselben nach zwei verschiedenen Richtungen hin diametral gegenüberstehen.

Die eine ist die schon 1877 von John Brett ausgesprochene, nach welcher Mars anstatt von einer sehr durchsichtigen Atmosphäre, welche alle übrigen Beobachter auf das bestimmteste annehmen zu müssen glauben, mit einer ungemein dichten umgeben ist. Er leitet dies aus dem Umstand ab, dafs die Details auf dem Planeten immer nur in der Mitte der Scheibe deutlich hervortreten, die Randpartieen aber viel verwaschener erscheinen als selbst beim Jupiter. Da es nun nachgewiesen ist, dafs sich sehr viel Wasserdampf in der Atmosphäre des Mars befindet, während Wolken sich notorisch dort überhaupt nicht oder nur äufserst selten bilden, so müsse nothwendig die Luft beständig so warm erhalten werden, dafs eine Kondensirung des Wasserdampfes nicht möglich wird. Denn wenn — so schliefst der Genannte — die weifsen Flecke am Pol wirklich aus Schnee bestehen, so müfste sich über diesen ausgedehnten Eisfeldern der Wasserdampf nothwendig zu Wolken kondensiren, weil er dort unter allen Umständen dann genügende Abkühlung finden würde. Da dies nicht beobachtet wird, so ist Brett überzeugt, dafs, ganz abweichend von der allgemeinen Meinung, Mars sich noch in einem sehr jungen geologischen Stadium befindet, nur eine sehr dünne Kruste besitzt und sehr grofse Wärmemengen an die Atmosphäre abgiebt. Die Veränderungen der bisher sogenannten Land- und Seegebiete müfsten dann also fürchterlichen geologischen Revolutionen zugeschrieben werden. Die weifsen Polarflecke erklärt er als Wolkengebilde in den höheren Regionen der Atmosphäre, welche mit den Jahreszeiten kommen und sich auflösen,

Digitized by Google

ihre oft beobachtete schwarze Umrandung als die Schatten dieser Wolkenkalotte.

Dieser Meinung Bretts schliefst sich die des bekannten Astronomen der Lick Sternwarte Barnard am meisten an, der vom 1. Juli vergangenen Jahres an wöchentlich einmal Gelegenheit hatte, mit dem 36-Zöller die Nachbarwelt zu prüfen. Auch er beobachtete so auffällige und schnelle Veränderungen der verschieden gefärbten Regionen der Marsoberfläche, dafs sie ihm zu folgendem Ausspruch Veranlassung gaben:

„Diese auffälligen Veränderungen sind angethan, uns stutzig zu machen, sodafs wir uns fragen müssen, ob das, was wir dort am Himmel sehen, wirklich eine Welt gleich der unsrigen ist, mit nahezu unveränderlichen Land- und Ozeangebieten, oder ob sie nicht vielmehr unserer Erde in ihren jungen Tagen gleicht, als die Kontinente und die Meere sich verschoben, ehe die Oberfläche der Erde durch den Abkühlungsprozefs fest wurde. Ist dieses letztere der Fall, so können wir sicher sein, dafs Mars von höheren Lebensordnungen nicht bevölkert ist."

Gleichfalls ganz verschieden von der allgemein adoptirten Ueberzeugung ist die von Professor Schaeberle. Er sagt in der bereits früher angezogenen Revue (The Forum, November 92): „Schiaparelli, Flammarion und die meisten anderen Beobachter des Mars stimmen darin überein, dafs sie die dunkleren Regionen des Mars Wasser, die helleren Land nennen. Meine eigenen Beobachtungen von 1890 und 1892 haben mich gerade zu der entgegengesetzten Ansicht geführt."

Professor Holden fügt diesem Ausspruch folgendes hinzu:

„Wenn die dunkleren Flecke Wasser wären, wie könnten wir dann die unregelmäfsige Schattirung dieser Partieen erklären, welche nach dem Zeugnifs der Beobachtung feste Oberflächenpartieen sind? Wenn hingegen die dunkleren Partieen sich als Land erweisen, so sind solche Schattirungen ganz natürlicherweise zu erwarten. Licht, das von einer sphärischen Wasseroberfläche reflektirt wird, mufs gleichförmig vom Mittelpunkte des Planeten nach seinen Rändern hin abnehmen, wie es bei den hellen Regionen die Beobachtung bestätigt. Sofern die dunkleren Regionen Wasser sind, müfsten sie am wenigsten dunkel gegen das Zentrum hin sein; aber die Beobachtungen zeigen, dafs sie am auffälligsten dunkel in der Mitte der Scheibe auftreten, und dafs die Kontraste zwischen Licht und Schatten hier am kräftigsten sind. Zu manchen Zeiten, die sich nicht vorhersagen lassen, erscheinen gewisse

Digitized by Google

begrenzte Gebiete in den hellen Regionen heller als irgend welche anderen Theile der Scheibe, so etwa, als wenn die reflektirende Oberfläche sich in einem Zustande der Unruhe befände. Diese Erscheinung gleicht der Spiegelung auf einer ruhigen resp. einer bewegten Wasseroberfläche. Die dunkeln Gebiete werden nicht selten von noch dunkleren Streifen durchzogen, welche oft hunderte von Miles nahezu geradlinig verlaufen. Die sogenannten Kanäle in den rothen Gebieten scheinen Fortsetzungen dieser dunkeln Streifen zu sein. Die „Kanäle" würden dann Gebirgsketten entsprechen, welche zum gröfsten Theil im Wasser stehen, und die Verdoppelung dieser Kanäle erklärt sich einfach aus der Annahme von Parallelketten, für welche die Erde manches Beispiel bietet. Professor Schaeberle giebt mehrere andere Beispiele von Wahrnehmungen auf dem Mars, welche zu zeigen geeignet sind, dafs die dunklen Regionen eher als Land denn als Wasser aufgefafst werden können, und er bezieht sich dabei auf eine auffällige Thatsache, welche man von der Höhe des Mount Hamilton stets beobachten kann. Wir befinden uns hier 2400 Fufs über dem benachbarten Thale, und die Bay von San Franzisco breitet sich wenige Miles von uns aus. Zu allen Stunden des Tages und unter allen Beleuchtungsumständen erscheint nun die Bay heller als das Land unserer Umgebung. Die hellen Gebiete dieser irdischen Landschaft sind Wasser.

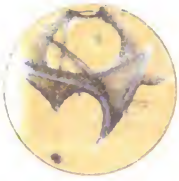
„Die Beobachtungen des Professor Schaeberle sind völlig unabhängig, und die grofse Zahl von vorzüglichen Messungen und Zeichnungen, die er erhielt, werden von seiner Geschicklichkeit und Ausdauer gebührendes Zeugnifs ablegen, sobald sie veröffentlicht sind.*) Während diese Beobachtungen ausgeführt wurden, habe ich selbst alle Nächte den Planeten examinirt und sein Aussehen mit älteren eigenen Zeichnungen verglichen. Mir scheint es nun, dafs zwei sehr wichtige Bemerkungen auf seine Schlüsse hier Anwendung finden. Ich möchte nicht so bestimmt, wie er es thut, behaupten, dafs die dunkleren Regionen des Mars viel dunkler und deutlicher im Zentrum der Planetenscheibe sichtbar sind, und ich möchte dann ganz besonders auf einen Punkt hinweisen, welchen Professor Schiaparelli zuerst anführte, und der die Kanäle betrifft, nämlich, dafs alle innerhalb der hellen Regionen auftretenden „Kanäle" in den dunkleren Regionen, welche man Meere oder Seen nennt, beginnen und enden, oder dafs sie sich mit anderen Kanälen verbinden. Insoweit scheint dies ein Beweis,

*) Einen Theil derselben sind wir so glücklich, heute in der beigelegten lithographischen Tafel (siehe Titelblatt) zuerst zu veröffentlichen.

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
AND TILDEN FOUNDATIONS

Digitized by Google



1892 Aug. 29, 8h 0m P. s. t.
λ 290°, β + 12°.

1892 Aug. 27, 10h 10m P. s. t.
λ 339°, β + 12°.

1892 Aug. 24, 11h 0m ± P. s. t.
λ 18°, β + 12°.

1892 Aug. 20, 11h 0m P. s. t.
λ 54°, β + 12°.

1892 Aug. 14, 11h 50m P. s. t.
λ 120°, β + 12°.

1892 Aug. 8, 9h 30m 10h 5m P. s. t.
λ 139°, β + 12°.

1892 Aug. 7, 11h 0m. 11h 45m P. s. t.
λ 170°, β + 12°.

1892 Aug. 7, 13h 0m P. s. t.
λ 189°, β + 12°.

1892 Juli 31, 13h 30m P. s. t.
λ 268°, β + 13°.

Marszeichnungen von Professor J. M. Schaeberle
(36-zölliger Refraktor der Lick-Sternwarte.)

Digitized by Google

dafs sie Wasser enthalten. Gebirgsketten brauchen nicht diese Eigenthümlichkeit zu zeigen, wie sie bei Kanälen nothwendig ist. Während es ferner wohl im allgemeinen richtig ist, dafs die rothen Gebiete heller im Zentrum der Planetenscheibe sind, so giebt es doch auffällige Ausnahmen davon. Gewisse Inseln auf der südlichen Halbkugel (Hellas, Argyre) habe ich öfter am hellsten gegen den Rand zu gesehen, und dieselbe Erscheinung ist in Bezug auf kontinentale Gebiete auf der nördlichen Halbkugel bemerkt worden. Diese Wahrnehmung ist, wie gesagt, von Professor Schiaparelli zuerst gemacht worden, und die Resultate von Professor Schaeberle, von mir selbst und, so viel ich weifs, von allen übrigen Beobachtern auf Mount Hamilton stimmen hiermit vollkommen überein. Während wir oben die Regel konstatirt haben, giebt es doch, wie ich denke, so viel Ausnahmen davon, dafs es schwer ist, zu irgend einem definitiven Urtheil heute schon zu gelangen.

„Die drei Ansichten, welche wir hier mitgetheilt haben, sind in gewisser Weise berechtigt; alle beruhen auf ernstem Studium, und wenigstens zwei derselben müssen Autorität beanspruchen. Flammarion betrachtet es als sehr wahrscheinlich, dafs die dunkeln Gebiete des Mars Wasser, die hellen Land sind; Professor Schaeberle wird durch seine Beobachtungen mit dem gröfsten Fernrohr der Welt unter den denkbar besten Bedingungen zu absolut entgegengesetzten Schlüssen geführt. Brett zweifelt daran, dafs überhaupt Wasser und Land auf dem Mars existirt, und giebt gute Gründe dafür an, dafs der Planet sich noch in einem sehr heifsen Stadium befindet, wie wir es beispielsweise bei Jupiter voraussetzen. Teleskopische Beobachtungen zeigen, dafs der Planet Venus für einen entfernten Beobachter der Erde viel ähnlicher ist als Mars. Wenn wir an ein Studium der Eigenthümlichkeiten auf der Oberfläche des Mars herangehen, so finden wir eher Verschiedenheiten als Aehnlichkeiten mit gewissen Details auf der Erde. Unter diesen Umständen, und so lange derartig auseinandergehende Ansichten von kompetenten Beobachtern noch verfochten werden können, scheint es mir der rechte Weg zu sein, jedes Urtheil zu unterdrücken und zunächst noch mehr Licht über den Gegenstand zu verbreiten. Ich bin gewifs, dafs die Lick Sternwarte, wenn eine befriedigende Erklärung endlich erreicht worden ist, auch ihr Theil dazu beigetragen haben wird."

Eine andere Reihe von Ansichten über die Zustände auf dem Mars knüpft an die gröfsere Entfernung des Planeten von der Sonne an, mit welcher eine, nur $^3/_7$ der irdischen betragende Sonnenbe-

Digitized by Google

strahlung des Planeten verbunden ist. Wenn die atmosphärischen Bedingungen auf den beiden Weltkörpern als die gleichen vorausgesetzt werden müfsten, so wäre mit der geringeren Bestrahlung allerdings ein Temperaturzustand auf der Oberfläche des Mars nothwendig verbunden, welcher das Vorhandensein von flüssigem Wasser auch unter dem Aequator ganz unmöglich machen würde. Maunder berechnet unter diesen Bedingungen die mittlere Temperatur des Mars auf 130—140° unter Null. Hierauf basirt Dr. A. Schmidt (s. auch „Himmel und Erde", Bd. V, S. 186) in einem in der „Deutschen Revue" erschienenen Artikel die Hypothese, dafs die Meere des Mars mit flüssiger Kohlensäure gefüllt seien; die Kontinente seien seit undenklichen Zeiten bereits völlig vereist, und über den weiten Schneeflächen habe der Meteorstaub, welcher ja auch in unsere Atmosphäre beständig eindringt, eine rostig rothe Färbung erzeugt, wie das auch gelegentlich in unseren Polarschneegebieten beobachtet wird. Daher rühre die Färbung der Marskontinente. Es beständen also die weifsen Polarflecke aus Kohlensäureschnee; die Kanäle seien weit ausgedehnte Risse in den kontinentalen Eisfeldern, in denen Evaporationen und Kondensationen ihr Wechselspiel derartig trieben, dafs die überlagernde Kohlensäure-Atmosphäre lange Wolkenzüge über diesen Spalten erzeuge, welche die Ursache der scheinbaren oder wirklichen Verdoppelung wären. Leben könnte also unter diesen Umständen auf dem Mars nicht mehr existiren.

Gegen diese Hypothese läfst sich jedoch von vornherein einwenden, dafs die Voraussetzung einer ganz gleichen Atmosphäre, unter welcher allein diese Kältegrade auf dem Mars eintreten, hier nicht festgehalten wird. Die Atmosphäre soll aus Kohlensäure bestehen, also grundverschieden von der unsrigen sein; welche Absorptionsverhältnisse in einer solchen stattfinden, ist nicht untersucht worden. Wenn wir jedoch eine chemisch gleichartige Atmosphäre beibehalten, so können unter gewissen modifizirten Bedingungen, die an sich ganz plausiblen Voraussetzungen entsprechen, mittlere Temperaturen auf der Oberfläche des Mars entstehen, die von den unsrigen wenig verschieden sind. In dieser Hinsicht hat wieder Maunder darauf hingewiesen, dafs etwa die Hälfte der Sonnenwärme in der irdischen Atmosphäre durch den Staub und die Absorption in den Wolken von der Erdoberfläche ferngehalten wird; aus allen Beobachtungen geht nun aber hervor, dafs die Marsatmosphäre zweifellos viel reiner und durchsichtiger ist als die unsrige. Ferner geht wegen der dünneren Luft dort beim Aufstieg der Luftströmungen durch die mechanische

Digitized by Google

Arbeitsleistung nicht so viel Wärme verloren, und die Kondensation ist entsprechend schwächer. Damit eine Luftmasse auf Mars ihr Volumen verdoppelt, mufs sie um 16000 Meter steigen. Der Siedepunkt aber fällt in viel geringerem Mafse auf Mars; bei 16000 Meter nur um 13°, bei uns um 85° — auf der Oberfläche des Mars liegt er bei 46° — alles unter der Voraussetzung, dafs die Dichte seiner Atmosphäre entsprechend der Schwere auf Mars nur $^2/_5$ der irdischen ist. Die Atmosphäre des Mars kann deshalb viel mehr Wasserdampf fassen, ohne undurchsichtig zu werden; dagegen wird der Wasserdampf sich bei Nacht zu dichten Schleiern schnell kondensiren, um sich bei Anbruch des Tages ebenso schnell wieder zu verflüchtigen. Gewisse Ausbuchtungen der Lichtgrenze und das Fehlen aller Dämmerungserscheinungen deuten darauf hin.

An dieser Stelle mag auch noch eine recht beachtenswerthe Bemerkung des Herrn J. Plassmann in Warendorf Platz finden (Naturwissenschaftliche Rundschau, 8. Jahrgang, No. 12), welcher darauf hinweist, dafs namentlich für die Polargebiete, von welchen man den Schnee so sehr viel schneller schmelzen sieht, als es auf der Erde der Fall ist, die Strahlungsverhältnisse auf dem Mars sich wesentlich anders gestalten als auf der Erde. Es ist bekannt, dafs von einem gewissen Sonnenstande an die Gesamtmenge der Einstrahlung von dem Aequator nach den Polen hin eine Zunahme erfährt, so dafs in den Sommermonaten die Gesamtmenge der zugestrahlten Wärme an den Polen gröfser ist als am Aequator. Dieses tritt noch mehr auf Mars als auf der Erde hervor, dessen Achse gegen seine Bahn mehr geneigt ist als die der Erde. Plassmann berechnet, dafs diese Gesamtmenge beim höchsten Sonnenstande unter dem Aequator 0.29, am Pol 0.42 beträgt. Zieht man nun die zweifellos gröfsere Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre und die gröfsere Länge des Marsjahres in Betracht, wodurch die Sonne beinahe ein irdisches Jahr lang beständig auf die Polarregion herabscheint, so ist es wohl erklärlich, dafs die Schneeschmelze dort intensiver ist als bei uns.

Wir sehen aus diesen Betrachtungen und Einwendungen jedenfalls, dafs wir über die Schwierigkeit, welche die gröfsere Entfernung des Mars von der Sonne betreffs der Temperaturverhältnisse erzeugt, durch verhältnifsmäfsig sehr geringfügige Modifikationen der Marsatmosphäre, wie sie für irdische Verhältnisse durchaus begreiflich und für Mars wahrscheinlich sind, leicht hinwegkommen können und deshalb, da logisch zwingende Gründe für dieselbe nicht vorhanden sind, von einer so absonderlichen Hypothese wohl absehen müssen, wie die der Kohlensäure-Meere des Mars.

Digitized by Google

Es bleiben nun noch zwei weitere Hypothesen übrig, welche unter der grofsen Zahl derer, die hier nicht erwähnt werden konnten, als typische Repräsentanten auftreten. Es wird indessen, ehe wir an eine Kritik derselben gehen, von Nutzen sein, noch die letzten, im vergangenen Jahre angestellten Beobachtungen, welche Argumente für oder wider darzubieten im stande sind, hier Revue passiren zu lassen.

Unter den neueren Beobachtern des Mars nimmt die hervorragendste Stelle unstreitig William H. Pickering ein, der Sohn des berühmten Direktors der Sternwarte von Cambridge U. S., welcher namentlich während der letzten Opposition vor allen anderen Beobachtern den ungemeinen Vorsprung besafs, auf der höchstgelegenen aller Sternwarten und unter dem wolkenlosen Himmel der Aequatorealregionen sein kräftiges Fernrohr auf die Nachbarwelt richten zu können. Er beobachtete in der sogenannten Boydenstation bei Arequipa auf der peruanischen Hochebene. Der gröfste Theil des verschleiernden, beunruhigenden, die Farbennuancen fälschenden Einflusses unserer Atmosphäre ist hier überwunden, und die dortigen Beobachter können nicht genug die wunderbare Ruhe und Reinheit des Fernrohrbildes rühmen. Es ist kein Zweifel, dafs von hier aus die tiefsten Einblicke in die Geheimnisse des Himmels einstmals geschehen werden. Es gelang dem jungen Pickering mit seinem Gefährten Mr. Douglas, in der Zeit vom 9. Juli bis zum 24. September des vergangenen Jahres 373 Zeichnungen von Oberflächentheilen des Mars herzustellen, von denen 14 am Fernrohr kolorirt wurden.

Die Beobachter auf Arequipa haben auch ihr besonderes Augenmerk auf die Farbennuancen geworfen, welche die verschiedenen Partieen des Mars zeigen. In einem Artikel, überschrieben „Colours exhibited by the Planet Mars“ und erschienen in der amerikanischen Revue „Astronomy and Astrophysics“ vom Juni und August 1892, sagt Pickering, dafs das Licht des Mars lange nicht so roth ist, wie das einer Kerze; es ist röther als elektrisches und blauer als Kerzenlicht. Ein Ziegelsteingebäude, welches aus $2^1/_2$ Miles Entfernung gesehen wird, so dafs sich also die blauen Schleier unserer Atmosphäre darüber hinziehen, ergiebt im Fernrohr dieselbe Farbe wie Mars. Ferner zeigte es sich, dafs der Rand des Planeten immer gelber als die Mitte war, so dafs dort derselbe absorbirende Effekt auftritt wie in unserer Atmosphäre. Dann giebt es auf Mars graue und grüne Regionen, welche letzteren, wie Pickering sich überzeugte, keine Kontrastwirkungen sein können. In einzelnen, wenn

Digitized by Google

auch seltenen Fällen war Grün sogar die auffälligste Farbe. Eine ähnliche Färbung konnte beispielsweise auf Jupiter nicht wahrgenommen werden. Hauptsächlich treten diese grünen Gebiete in der Nähe der Pole auf und können gelegentlich mit Schnee verwechselt worden sein. Es zeigte sich, dafs unsere irdische Vegetation, bei elektrischer Beleuchtung aus der Ferne betrachtet, diese selbe blaugrüne Färbung besitzt, wie die betreffenden Marsgebiete.

Es treten oft ganz erstaunlich schnelle Farbenveränderungen auf dem Mars auf; manche derselben sind wohl durch den Einflufs unserer eigenen Atmosphäre zu erklären, andere müssen dagegen ihre Ursachen auf dem Mars haben. Pickering beobachtete in dieser Hinsicht, dafs, wenn man das Grün einer Landschaft von einem Berge aus betrachtet, es viel weniger grün als in der Nähe erscheint, und wenn der Schatten einer Wolke oder Nebel davortreten, verwandelt es sich in ebenmäfsiges Grau. Aehnliches wird gelegentlich auf Mars beobachtet. Der nordwestliche Theil der grofsen Syrthe erschien zu verschiedenen Zeiten grau, grün, blau, braun und selbst violett. Wenn dieses Gebiet um die Zeit der Herbstnachtgleichen der nördlichen Halbkugel sich im Mittelpunkt der Scheibe befindet, so ist die östliche Region deutlich grüner als die westliche; wenn die Jahreszeit zu Ende geht, wird die Farbe matter, und der grüne Hauch erscheint nur noch unmittelbar auf den Uferländern der Syrthe. Am 27. Juni 1890 11 Tage vor dem Frühlingsaequinoktium der südlichen Halbkugel, erschien ein gelber Fleck im äufsersten Norden des Dreiecks (der Syrthe); mit der vorrückenden Jahreszeit nahm dieser Fleck zu, bis er das ganze Gebiet überzog. Im Jahre 1892 erschien dieselbe Region zuerst völlig grün; am 9. Mai, 17 Tage vor der Frühlingsnachtgleiche, tauchte dagegen jener gelbe oder vielleicht rothe Fleck wieder an derselben Stelle auf wie im Jahre 1890 und konnte seitdem weiter verfolgt werden. Entsprechend den früheren Wahrnehmungen von 1890 mufste dann die grüne Stelle auf Mars bald nach dem Frühlingsaequinoktium verschwinden; deshalb ist in der Opposition nichts davon gesehen worden. Pickering ist überzeugt, dafs diese Erscheinung mit der Gegenwart eines der grofsen Zweige des organischen Lebens auf dem Planeten zusammenhängt.

Hier taucht also eine ganze Reihe von neuen und hochinteressanten Details auf, welche abermals zeigen, wie auf diesem Planeten alles lebt und beständigen Veränderungen unterworfen ist. Uebrigens hatte auch früher schon Schiaparelli auf beobachtete Farbenveränderungen aufmerksam gemacht.

Digitized by Google

Im übrigen resümirt in einem, im Dezember 1892 in der früher genannten Revue erschienenen Artikel Pickering seine Beobachtungen folgendermafsen:

„1. Die Polarkappen sind im Aussehen sehr verschieden von Wolkenformationen und können mit diesen nicht verwechselt werden.

2. Wolken existiren unzweifelhaft auf dem Planeten, doch sind dieselben in mancher Hinsicht verschieden von denen der Erde, namentlich was ihre Dichtigkeit und Helligkeit betrifft.

3. Es befinden sich zwei stets dunkle Regionen auf dem Planeten, welche unter günstigen Umständen blau erscheinen und wahrscheinlich von Wasser herrühren.

4. Andere Partieen der Oberfläche sind zweifellos allen möglichen Veränderungen der Farbe unterworfen, welche nicht durch Wolken zu erklären sind.

5. Mit Ausnahme der beiden oben erwähnten dunklen Regionen nehmen alle übrigen dunkleren Partieen zu Zeiten eine grünliche Färbung an, zu anderen Zeiten erscheinen sie völlig farblos; deutlich grüne Gebiete sind zuweilen in der Nähe der Pole gesehen worden.

6. Zahlreiche ausgedehnte Kanäle existiren auf dem Planeten, so wie sie hauptsächlich von Professor Schiaparelli gezeichnet worden sind; einige derselben sind nur wenige Miles breit. Auffällige Verdoppelungen sind während der Opposition von 1892 nicht gesehen worden.

7. Durch die dunkleren Regionen laufen gewisse gebogene und verzweigte dunkle Linien; sie sind zu ausgedehnt für Flüsse, aber sie mögen ihren Lauf angeben.

Eine grofse Anzahl von feinen schwarzen Flecken fanden wir über die Oberfläche des Planeten ausgestreut, namentlich auf der den beiden Meeren gegenüberliegenden Seite. Sie treten fast ausnahmslos bei den Verbindungen der Kanäle mit einander und mit den dunkleren Partieen des Planeten auf. Sie haben 30 bis 100 Miles Durchmesser und sind bisweilen kleiner als die Kanäle, bei denen sie sich befinden. Wir entdeckten deren über 40 und nannten sie vorläufig Seen."

Noch einige, ganz besonders eigenartige Beobachtungen mögen hier erwähnt werden. Pickering schreibt:

„Als der schmelzende Schnee sich zu den Polen zurückzog, sah man eine schmale, nahezu geradlinige Region, wo er länger verweilte als sonstwo. Ende September war das Schneegebiet in zwei Theile

Digitized by Google

getrennt, von denen der eine lang und schmal, der andere von unregelmäfsiger Gestalt und etwas fleckig war. Es hatte den Anschein, als ob dies von einer Gebirgskette und andererseits von einem Gebiete mit unregelmäfsigen Erhöhungen, zwischen denen ein Thal liegt, herrühre. Von diesem Thale ging im Juli eine dunkle Linie aus, welche es mit dem Nordmeer verband. . . . .

Wegen des schmelzenden Schnees war die Marsatmosphäre von Wolken erfüllt, so dafs sie sich erst Ende August aufklärte, als die Opposition längst vorüber war."

Diese dunklen Stellen und Streifen in den weifsen Polargebieten, von denen Pickering spricht, und die auch gelegentlich Schiaparelli bei früheren Oppositionen gesehen hat, sind 1892 auch von Young, Swift und auf der Lick Sternwarte beobachtet worden. Sie erklären sich wohl am einfachsten eben durch Thalsenkungen, in denen der Schnee zuerst schmolz. Jedenfalls werden diese Wahrnehmungen vernichtend für die zweifellos als veraltet zu betrachtende Hypothese, welche die weifsen Polargebiete für Wolkenbildungen hält.

Genauere Messungen der wechselnden Ausdehnung dieser Polarkappen sind 1892 von Barnard und Comstock (Washburn Observatory) ausgeführt worden. Von Ende Juni bis Anfang September ist die Ausdehnung von 10 Sekunden auf 3 Sekunden zusammengeschrumpft, d. h. an Fläche auf den 19. Theil. Barnard knüpft daran die Bemerkung, dafs, wenn dies Schnee war, die Ueberführung des Wassers nach der anderen Halbkugel eine merkwürdige Schwankung der Rotationsachse hätte hervorbringen müssen. Dies ist, wie wir in einer früheren Notiz gegenwärtiger Zeitschrift bereits mittheilten, von Lohse aus Beobachtungsresultaten wirklich vermuthet worden.

Barnard sagt ferner: „Ich glaube, dafs einmal jemand die Meinung ausgesprochen hat, gewisse breite, dunkle Ausläufer, welche von der Polarkappe aequatorwärts strahlen, seien Schmelzwasser; dies ist aber zweifellos nur Einbildung. Es giebt jedoch lange neblige Gebiete, welche, von der Polarkappe ausgehend, aequatorwärts streben; diese haben zu jener Idee geführt. Es sind dies aber so schnell und über ein so grofses Gebiet vorgehende Veränderungen, dafs sie schwerlich nur den Wirkungen der Sonne auf das Polareis zugeschrieben werden können, wenn Eis und Schnee nicht etwa sehr verschieden von dem unsrigen sind."

Auch Barnard bestätigt die von Pickering gemachte Wahrnehmung, dafs von Ende Juli ab die Kappe verschleiert erschien, und nur zwei leuchtende weifse Punkte hervortraten. Auch er beobachtete

Digitized by Google

den dunklen Kanal in der Schneemasse ebenso wie Pickering zuerst am 21. August. Von da ab gingen schnelle Veränderungen in der Kappe vor sich, und wenige Tage später war nur noch ein schwacher Schein der vormals so glänzenden Kappe übrig geblieben.

Was die sogenannten Meere des Mars anbetrifft, so ist Pickering der Ansicht, dafs mit Ausnahme der beiden früher erwähnten, stets dunklen Regionen, welche schwache Spuren einer Polarisation mit radialer Ebene zum Planeten zeigen, diese Gebiete wahrscheinlich keine eigentlichen Seen bilden. Diese wie die Kanäle verdanken nach seiner Ansicht ihre Farbe höchstens indirekt der Anwesenheit von Wasser.

Gelegentlich beobachtete Pickering auch einmal einen weifsen Kanal, der von der Schneeregion sich nördlich fortsetzte.

Schliefslich mufs hier noch einer eigenthümlichen Wahrnehmung gedacht werden, welche aufser Pickering sowohl die Astronomen der Lick Sternwarte als auch Perrotin in Nizza machten; sie sahen nämlich, dafs gelegentlich ungeheure Wolkenbildungen sehr deutlich über den Rand der Marsscheibe hervorragten. Da diese Erhebungen mit einer gewissen Regelmäfsigkeit auftauchten und wieder verschwanden, so hatte ein Pariser Feuilletonist hieran die phantastische Behauptung geknüpft, es möchten Signale sein, welche die Marsbewohner uns herübersandten. Es wurde in diesem Feuilleton darauf hingewiesen, dafs bereits im Jahre 1869 ein gewisser Cros die Mittel zu einer derartigen interplanetarischen Lichtkorrespondenz angegeben hatte. Man könne beispielsweise durch ungeheure Reflektoren die Wolken beleuchten und dadurch auf der Erde durch Lichtzuckungen, etwa nach dem System der Morsetelegraphen-Zeichen, auf weitere Strecken hin telegraphische Mittheilungen befördern. Was nun in Wirklichkeit diese Lichtausbuchtungen gewesen sind, hat nicht mit Sicherheit ermittelt werden können. Jedenfalls aber müssen wir, so lange wir noch derartige Phänomene mit irdischen Erscheinungen, wie in diesem Falle mit den sehr hohen leuchtenden Wolken unserer Atmosphäre zu vergleichen vermögen, die Hypothese der Einwirkung intelligenter Wesen zurückweisen. Wir kommen darauf sogleich noch zurück.

Pickering giebt die Hervorragung dieser Wolken über die Oberfläche auf 20 Miles an. Er knüpft daran die Bemerkung, dafs der Planet mindestens um $^1/_{70}$ abgeplattet erschien, während er theoretisch nur eine Abplattung von $^1/_{200}$ haben dürfe; auch diese Erscheinung schreibt Pickering Wolkenwirkungen in Aequatorregionen zu, welche in bedeutenden Höhen auftreten müfsten.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von **F. K. Ginzel**, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

(Fortsetzung.)

V. Entwickelungsprozefs der Weltkörper. Kosmogonie der Kometen.

Die beiden ersten Aufsätze unserer Darstellung lieferten eine Ueberschau der Meinungen betreffs des Zustandekommens der Urbildungen des Sonnensystems, die beiden letzten Aufsätze beschäftigten sich dagegen schon mit spezieller Kosmogonie, nämlich mit der Ausbildung des Sonnenkörpers und des Systems Erde-Mond. Im Anschlufs hieran haben wir noch einige Hypothesen vorzutragen, welche den Gang des Entwickelungsprozesses der gröfseren Planeten sowie der überhaupt dem festen Zustande entgegenstrebenden Gestirne betreffen.

Zöllner hat[1]) aus der Kantschen Nebularhypothese, nämlich unter Voraussetzung einer ursprünglich glühenden, rotirenden Gasmasse, welche die wesentlichsten der uns bekannten Stoffe enthält, den Schlufs gezogen, dafs der vollständige Entwickelungsprozefs eines werdenden Weltkörpers mehrere Phasen durchlaufen mufs. Man könne etwa fünf Perioden unterscheiden. Die erste bildet der Zustand eines glühenden Gases, in welchem sich uns gegenwärtig noch die planetarischen Nebelflecke zeigen. Fortdauernde Kondensirung leitet zur zweiten Epoche, der des glühend-flüssigen Zustandes. Die dritte verbindet die sinkende Temperatur mit dem Auftreten von Kondensationsprodukten (Schlackenbildung nach Zöllner) und theilweiser Krustenbildung. In der vierten Periode hat der Weltkörper die Schaffung einer festen Hülle vollendet, aber Eruptionen oder Zersprengungen durch das gluthflüssige Innere stören noch den Entwickelungsgang. Die

[1]) Photometrische Untersuchungen §§ 72, 78.

Digitized by Google

fünfte, letzte Epoche ist die der vollständigen Erkaltung und der vorgeschrittenen geologischen Formationen. Diese allgemeine Entwickelungsgeschichte der Gestirne läfst sich nach Zöllner mit grofser Wahrscheinlichkeit auch auf die Körper des Sonnensystems anwenden, welche sich aus dem glühend-gasförmigen Zentralkörper entwickelt haben, also in Bezug auf die sie zusammensetzenden Stoffe nur quantitative Unterschiede, aber geringe Abweichungen hinsichtlich der Qualität der Materien zeigen können. Die Zeit, welche die Planeten von der ersten Epoche ab bis zu einer bestimmten Temperaturerniedrigung ihrer Oberflächen bedurft haben, hängt hauptsächlich von der Masse der Planeten ab und wird, bei der thatsächlichen grofsen Verschiedenheit dieses Massenverhältnisses, für die einzelnen Planeten sehr verschieden gewesen sein. Im allgemeinen wird die vollständige Entwickelung desto eher beendet worden sein, je kleiner die Masse des Planeten war. Die Abkühlung dürfte in der zweiten Epoche erheblich schneller stattgefunden haben als in der ersten, da der Uebergang vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand an bestimmte Temperaturen gebunden ist und sich rasch vollzieht, wobei die in den glühend-flüssigen Zustand gerathene Masse infolge ihres stärkeren Absorptionsvermögens für Licht und Wärme eine erhöhte Menge Wärme und Licht ausgestrahlt haben wird. Darauf sank die Temperatur schnell und ermöglichte die Bildung von Kondensationsprodukten; diese traten anfangs in Form von Schollen und Schlacken auf, gewannen allmählich festeren Zusammenhang und hüllten schliefslich den Planeten in eine Kruste ein. Hierdurch wurde die Wärmeausstrahlung des gluth-flüssigen Innern weiter beschränkt; die der Kruste nächst gelegenen Schichten erkalteten schnell, da der Wärmeverlust der Oberfläche bei deren geringer Leitungsfähigkeit nicht in entsprechendem Mafse durch die Wärme des Innern ersetzt werden konnte. Wurde dieser Verlust nicht durch die Sonne wieder kompensirt, so verdichteten sich schliefslich auch die die Kruste umgebenden Dämpfe und schlugen sich, wenn die Temperaturerniedrigung ohne Störung weiter dauerte, auf der Oberfläche als Schnee- und Eisdecken nieder. Eruptionen des heifsen Innern, hervorgerufen durch die in dieser Epoche eintretende starke Kontraktion, veranlafsten Durchbrechungen, Ueberfluthungen der Rinde; der dabei stattfindende Wärmeverlust des Innern gestattete abermals, und zwar leichter als früher, eine weitere und festere Krustenbildung und vermehrte Niederschläge; so wurde der Planet der geologischen Epoche näher geführt. Zöllner zieht aus diesen kosmogonischen Ueberlegungen und gestützt

Digitized by Google

auf Relationen, die sich aus Messungen der Lichtstärke der Planeten ergeben, allgemeine Schlüsse über die Entwickelungsdauer der Planeten. Danach gehören unser Mond und der Mars zu den frühzeitig vollendeten Planeten, da ihre Kleinheit und Entfernung von der Sonne eine frühere Erkaltung und Kondensirung ermöglicht hat. Merkur und Venus werden zwar ihre Wärme rasch verloren haben, doch erhielten sie von der Sonne, da sie sich dieser viel näher befinden als die Erde, eine sehr erhebliche Zufuhr an Wärme, so dafs ihre Entwickelung langsamer wurde als jene der Erde. Die Planeten Jupiter und Saturn, welche die Erde an Masse bei weitem übertreffen, brauchten sehr lange Zeiträume zu ihrer Kondensirung; gegenwärtig befinden sich beide wahrscheinlich noch in der zweiten Evolutionsepoche. Uranus und Neptun dagegen sind vermuthlich schon lange erkaltet, da sie viel kleiner als Jupiter und Saturn sind, und ihr Wärmeverlust kaum mehr durch die Sonne ersetzt worden sein kann.

Zu ähnlichen Schlüssen gelangt Ritter in seinen früher schon erwähnten Untersuchungen (18. Abhandlung). Nach demselben lehrt die Untersuchung des adiabatischen Gleichgewichtszustandes gasförmiger Weltkörper, dafs ein wesentlicher Unterschied in den Zustandsänderungen auftritt, je nachdem der Weltkörper von sehr grofser oder von sehr kleiner Masse ist. Bei sehr grofsen Planeten, wie die Sonne, mufs die Kontraktion (Zusammenziehung) langsam stattfinden, während sie sich bei Planeten von kleiner Masse während des Ueberganges vom labilen zum stabilen Gleichgewichtszustande in sehr kurzer Zeit oder fast plötzlich vollzieht. Auf diese von Ritter als „dynamische Kontraktion" bezeichnete Zustandsänderung folgt bei kleinen Weltkörpern rasche Abkühlung und die Bildung von Kondensationsprodukten. Ritter meint, dafs bei der Formation der Planeten aus den Ringen, die sich nach der Kant-Laplaceschen Theorie vom Zentralkörper ablösten, ein beträchtlicher Energieverlust erfolgen und der Niederschlag von Kondensationsstoffen schon eintreten mufste, als die Ringe sich abtrennten. Das Vorherrschen der Kondensationsprodukte kann bei längerem Anhalten der Ringform eine vollständige Kondensirung der Ringmasse und den Uebergang derselben in einen Schwarm kleiner fester Kugeln zur Folge gehabt haben, wie der Planetoidenring und der Ring des Saturn beweisen. Sobald sich aus den abgelösten Ringen Planeten von kleiner Masse zusammengezogen hatten, befanden sich diese Planeten im Stadium der dynamischen Kontraktion, es bildete sich bei ihnen schnell ein sehr dichtes Zentrum, und die ferneren Phasen des Weltkörpers standen dann unter

Digitized by Google

den Gesetzen einer rasch fortschreitenden Abkühlung. Bei den sehr grofsen Planeten, wie Jupiter, war die Dichte des Kernes nach Beendigung der Epoche der dynamischen Kontraktion noch nicht bedeutend; ein solcher Planet hatte darauf die Periode der „statischen" Kontraktion durchzumachen, während welcher die weitere Zusammenziehung langsam und bei steigender Wärmeerzeugung vor sich ging. Demgemäfs werden die kleinen Planeten Erde, Merkur, Venus und Mars in ihrem Entwickelungsprozefs die Sonne schnell überholt haben. Die grofsen Massen des Jupiter und Saturn blieben aber noch lange in der Ausbildung ihres Dichtezustandes hinter den übrigen Planeten zurück. Der Jupiter hat gegenwärtig nahezu die Dichtigkeit der Sonne erreicht; hierzu wird, da die Dichte seit Beendigung der dynamischen Kontraktion während der darauf folgenden langsamen statischen um das Doppelte gewachsen sein mufs, ein Zeitraum von vielen Millionen Jahren erforderlich gewesen sein. Ritter schliefst aus seinen weiteren Betrachtungen, dafs der Planet Jupiter jetzt in einen Zustand gelangt ist, in welchem seine Mittelpunkttemperatur einige hunderttausend Grad beträgt. Das Gebiet der Oberflächenschicht, innerhalb dessen die Entstehung von Kondensationsprodukten vor sich geht, ist sehr tief; es kann angenommen werden, dafs der Planet bis zu 300 Meilen unter seiner scheinbaren Oberfläche eine wolkenartige Beschaffenheit besitzt. Diese dichte Wolkendecke verhindert vielfach die Wärmeausstrahlung, welche demzufolge als beträchtlich geringer sich herausstellen wird, als wenn die Oberflächenschicht einen rein gasförmigen Aggregatzustand besäfse.

Pater Braun entwirft in seiner Kosmogonie ein allgemeines Bild von den Vorgängen, die bei der Kontraktion eines glühendflüssigen sphäroidischen Planeten stattfinden. Die Stoffe, welche die Masse zusammensetzten, lagerten sich nach ihrer Schwere gegen den Mittelpunkt hin; der gröfste Theil blieb in Dampfform über dem glühendflüssigen Kern schweben. Diese Atmosphäre enthielt enorme Mengen von Kohlensäure, aufserdem Schwefel, Chlor, Jod, Zink u. s. w. Bei der fortschreitenden Kondensirung schlugen sich die Dämpfe, mannigfache chemische Verbindungen bildend, nebst ungeheuren Massen von Wasserdampf auf dem Kern nieder. Letztere beförderten die Heftigkeit der nun eintretenden Zirkulationen. In dem Mafse, als der obersten Schicht des Kernes Wärme entzogen wurde, zogen sich aus den festen Stoffen Schollen zusammen, die zum Theil versanken, geschmolzen wurden, bei zunehmender Festigkeit aber Zusammenhang untereinander erlangten und schliefslich eine Kruste zusammensetzten.

Digitized by Google

Eruptionen und thermische Veränderungen der Kruste im Verein mit den niedergeschlagenen heifsen Wässern, den „Urmeeren“, bereiteten die ersten geologischen Epochen vor.[2]) Neben dieser Darstellung, die für die meisten Planeten zutreffend sein dürfte, müssen wir eine Eigenthümlichkeit der Braunschen Ansichten, die speziell die Erde betrifft, notiren. Das Gleichgewicht der Erdkruste erfordert, dafs den gewaltigen kontinentalen Massen gegenüber von der Seite der grofsen Senkungen her ein entsprechender Gegendruck ausgeübt wurde; unterhalb der letzteren, das heifst der Meere, sei deshalb die Kruste viel dicker gewesen als unter den Kontinenten. Als sich die Kruste so weit abgekühlt hatte, dafs die flüssige Masse unter ihr ein geringeres Volumen einnahm, bildete die Kruste zum Theil Wölbungen, die vermöge des seitlichen Druckes einbrachen und Verwerfungen und Verschiebungen der bereits geschaffenen Gebirge hervorriefen, auch gewaltige Massen halbflüssigen Stoffes neuerdings emporpreſsten. Von diesen Katastrophen soll nun der Meeresboden deshalb verschont geblieben sein, weil die Kruste unter ihm viel dicker und also widerstandsfähiger gewesen sei. — Als kosmogonische Hypothesen können noch einige Ansichten betrachtet werden, welche die einstmalige Vereisung eines grofsen Theiles der Erdoberfläche zu erklären versuchen. (Ueber den Antheil der „Eiszeit“ an der Veränderung der Erdrinde sehe man den Aufsatz von Prof. Penck in dieser Zeitschrift, IV. Jahrgang.) James Croll[3]) benutzt die Variationen der Exzentrizität der Erdbahn, welche eine Periode von ungefähr 21000 Jahren umfassen, zur Ableitung sehr beträchtlicher Klimaschwankungen. Die Exzentrizität kann sich während jener Periode bis auf das Drei- selbst Vierfache der jetzigen vergröfsern. Die Erdhalbkugel, welche bei dieser vermehrten Exzentrizität ihren Winter während der Sonnenferne hatte, war bis zu tiefen Breitegraden herab vermehrten Eis- und Schneebildungen ausgesetzt. Der Sommer konnte nicht zur Ausgleichung dieser Kältezeit ausreichen, und es trat jeden Winter eine durch die ganze Aphelperiode (Sonnenferne) wachsende Vereisung der Halbkugel ein. In der zweiten Hälfte der Exzentrizitätsperiode, mit Ueberschreitung des Aphels durch das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichenpunkte, traten die entgegengesetzten Verhältnisse ein: die früher vereiste Hemisphäre wurde die warme, die frühere warme vereiste. Vielleicht nicht ohne allen Grund ist die Meinung Heers, dafs

[2]) Diese plutonisch-neptunistische Auffassung finden wir für die Erde bei Sterrey Hunt wieder.

[3]) Climate and Time in their geological relations. London 1875.

Digitized by Google

die Erde während des Fortrückens des ganzen Sonnensystems (bekanntlich schreitet dieses samt der Sonne einem Punkte in der Gegend des Sternbildes Herkules zu und macht jährlich einen Weg von vielen Millionen Meilen) einst in einen Theil des Weltraumes gelangt sein kann, in welchem die absolute Temperatur eine besonders niedrige war. Braun versucht eine lange Eisperiode der Erde aus der Kosmogonie unseres Planeten selbst abzuleiten. Die Sonne war ursprünglich sehr wenig dicht und ihren Dimensionen nach viel ausgedehnter als gegenwärtig. (Man vergleiche den zweiten und dritten unserer Aufsätze.) Die Zunahme der Dichte und damit auch die Temperatursteigerung trat nur ganz allmählich ein. Die Erde, sowie die kleineren Planeten überhaupt, haben sich rasch gebildet und die Sonne im Entwickelungsprozefs überholt. Zur Zeit, wo die Erde bereits an der Schwelle geologischer Epochen stand, war die von der Sonne gespendete Wärme noch gering. Die Abkühlung der Erde erfolgte dann so rasch, dafs die Sonnenwärme für den Wärmeverlust keine Kompensation bieten konnte, und eine theilweise Vereisung war die Folge. Nachdem aber die Energie der Sonne gewachsen und sie schliefslich in den Glühzustand gerathen war, konnte die Eisperiode der Erde durch die Sonnenstrahlung allmählich wieder aufgehoben werden.

Wir verlassen nun die Bildungsgeschichte der Planeten und Satelliten des Sonnensystems und wenden uns Körpern zu, die eine besondere Ausnahmestellung in der Kosmogonie beanspruchen. Es sind dies die Kometen. Hier wird es sich nicht darum handeln, die Ansichten zu besprechen, welche die Erklärung der physischen Konstitution dieser Körper versuchen und die Kräfte deuten, die bei der Entstehung der Kometen thätig sind, und wir sind in dieser Hinsicht der unangenehmen Pflicht enthoben, das ebenso fruchtbare wie problematische Gebiet der Kometentheorien berühren zu müssen; vielmehr ist hier nur die Kosmogonie der Kometen zu erörtern, d. h. die Frage, ob die Kometen gleichzeitig mit den Planeten und Satelliten des Sonnensystems entstanden, also integrirende Bestandtheile desselben sind, oder ob sie ihre Entstehung aufserhalb unseres Systems haben.

Kant wollte die Kometen keineswegs als eine besondere Gattung von Himmelskörpern angesehen wissen; sie verdanken wie die Planeten ihren Ursprung dem ehemaligen Zentralnebel, und der Hauptunterschied besteht nur darin, dafs sie in den entferntesten Theilen des Sonnensystems und aus den dünnsten Partieen des Urstoffes gebildet worden sind. An den Grenzen des Zentralnebels war der

Digitized by Google

Grundstoff in der feinsten Vertheilung, und daselbst auch die Kraft am schwächsten, welche eine allgemeine sinkende Bewegung der Partikel zum Zentrum hin veranlafste (man vergleiche die Hauptgedanken der Kantschen Hypothese im ersten Aufsatze). Es kam in jenen Theilen der Materie nicht mehr zu einem gleichmäfsigen Kreisumschwunge um den Zentralkörper; noch ehe dieser Umschwung erreicht werden konnte, hatte der Urstoff vermöge der dort ganz unbehinderten gegenseitigen Anziehung eine Menge kleiner Körper gebildet und eine zerstreute Vertheilung angenommen. Die Bahnen dieser Massen wurden, gemäfs dieser Entstehungsart, sehr selten kreisförmig, sondern diese Nebelstoffe näherten sich, indem sie andere in sich aufnahmen, auf weit gezogenen Wegen allmählich der Sonne; die Bahnen der Kometen gestalteten sich desto mehr exzentrisch, je weiter ihr Ursprung von der Sonne entfernt lag. Bei den der Sonne näher gestandenen Massen mufste der Umschwung der Kometen in demselben Sinne, wie sich die Planeten bewegen, erfolgen (direkte Bewegung), bei den sehr fernen konnte die Bewegung aber auch eine ganz entgegengesetzte werden (retrograde Kometen). Die aufserordentliche Verschiedenheit des Winkels, unter welchem die Kometenbahnen gegen die Ekliptik geneigt sind, ist erklärlich, da die Vereinigung der Nebelstoffe, weit ab von der Hauptebene des Planetenbildungsgebietes, in allen Theilen des Himmels vor sich gehen konnte; desgleichen seien die aufserordentlichen Veränderungen der Kometen und die Flüchtigkeit ihrer ganzen Erscheinung nicht befremdend, da schon sehr mäfsige Hitzegrade, wie bei den der Sonne fern bleibenden Kometen, so ausnehmend feinen Stoff ganz auflösen oder doch sehr verdünnen können.

Dieser Ansicht steht auch Faye in seiner Kosmogonie recht nahe. Er sucht ebenfalls den Ursprung der Kometen in den sehr entfernten Theilen des ursprünglichen Zentralnebels, welche der allgemeinen Anhäufung in der Sonne entgangen sind, und zwar in den hauptsächlich an den Polen gelegenen Theilen der Nebeloberfläche. Diese Partieen haben nach ihm weite Wurflinien beschrieben, die mit der Zeit durch die Attraktion der Sonne in Ellipsen verwandelt wurden; die Ellipsenbahnen wurden desto exzentrischer, je entfernter das Gebiet lag, wo die Kometenmasse sich zusammengezogen hatte. Bei den entferntesten Kometen wurde die Dauer des Umlaufes um die Sonne auf viele Millionen Jahre hin ausgedehnt. Auf diese Weise soll für die parabolischen und elliptischen (periodisch zur Sonne wiederkehrenden) Kometen ein gemeinsamer Ursprung abgeleitet werden.

Digitized by Google

Während also Kant und Faye (mit denen auch Braun der Hauptsache nach übereinstimmt) für die Bildung der Kometen das ursprüngliche Nebularellipsoid als Ausgangspunkt gelten lassen und diesen Körpern damit ihre kosmogonische Stellung im Sonnensysteme zuweisen, war Laplace geneigt, in den Kometen fremde, dem Sonnensystem nicht angehörende Körper zu sehen. Er betrachtet die Kometen als kleine in den Sternsystemen umherwandernde Nebelmassen, die aus der Verdichtung der im Weltraume zerstreuten Nebelmaterie entstanden sind. Diese Massen können in Räume gelangen, in welchen die Anziehungskraft der Sonne vorherrscht, und können hierdurch gezwungen werden, dieses Gestirn fernerhin in elliptischen oder hyperbolischen Bahnen zu umkreisen. Die hyperbolische Form der Bahnen sei die ursprüngliche und beweise, dafs die Kometen an und für sich keine Verbindung mit unserem Sonnensystem gehabt haben. Gaufs und Lamont zeigten aber bald, dafs Kometen, welche auf solche Weise in den Bereich der Sonnenanziehung geriethen, sich in verschiedenen Arten von krummen Linien um die Sonne bewegen können; und Lamont schlofs aus der beobachteten Thatsache, dafs im Gegentheil nur Kometen mit parabolischer oder elliptischer Bahn anzutreffen sind, und in den sehr seltenen Fällen einer Hyperbel diese wahrscheinlich das Resultat einer Störung ist, auf die von Kant vertretene Ansicht, welche die Kometen als zum Sonnensystem gehörend betrachtet. Lamont versuchte zur Stützung dieser Meinung aus der Untersuchung der Vertheilung von 178 berechneten Kometenbahnen nachzuweisen, dafs die Lage der Perihelien der Kometen (der Punkte ihrer gröfsten Sonnennähe) vorzugsweise auf gewisse Punkte des Himmels falle. Er fand, dafs die Perihelien jener Kometen, welche eine rechtläufige Bewegung (eine direkte, im gleichen Sinne wie die Planeten) besitzen, zahlreicher gegen den Sommersonnenwendepunkt (bei 90° Rectaszension) gruppirt sind, bei den rückläufigen (retrograden) hingegen zur Richtung gegen das Wintersolstitium (bei 270° Rectaszension) an Häufigkeit zunehmen. Ferner schien in Beziehung auf den Neigungswinkel, welchen die Kometenbahnen mit der Ekliptik einschliefsen, hervorzugehen, dafs die gröfste Zahl der Bahnen sich einem Winkel von etwa 45 Grad nähere. Der schon mehrfach erwähnte Friedrich Weifs machte in seinem übrigens löblichen Bestreben, die Kant-Laplacesche Theorie zu stützen, den als verunglückt zu bezeichnenden Versuch, auf Grund jener Ergebnisse eine Entstehung der Kometen aus den elliptischen Dunstringen des Nebularellipsoides abzuleiten. Er sieht in den Lamontschen Resultaten den

Digitized by Google

Beweis, dafs die Kometenperihelien nicht viel von der Linie abweichen, in welcher die Fortschreitung des Sonnensystems im Raume sich vollzieht. Die Kometen sollen nun infolge dieses Fortschreitens und des Widerstandes des Weltäthers aus den Zusammenballungen der äufsersten elliptischen Dunstringe des Zentralnebels und zwar hauptsächlich aus jenen Hälften der Ringe entstanden sein, deren Umlaufsbewegung dem allgemeinen Fortschreiten des Sonnensystems entgegengesetzt war. Aber abgesehen davon, dafs dieses Fortschreiten keinen Anlafs zu besonderen Weltenbildungen in dem ehemaligen Nebularellipsoide geben konnte, haben sich auch die vermutheten Beziehungen zwischen der allgemeinen Lage der Kometenbahnen und der Bewegungsrichtung des Sonnensystems als Illusionen herausgestellt (durch die späteren Arbeiten von Mohn und Carrington). Die Resultate von Lamont, denen sich die Untersuchungen von Brorsen, Houzeau, Svedstrup über die Anhäufung der Kometenperihelien an die Seite stellten, haben in neuester Zeit ihre richtige Erklärung durch die Arbeit von Holetschek „über die Richtungen der grofsen Axen der Kometenbahnen" erhalten. Die Ursache des Zusammenfallens der Kometenbahnen in gewissen Himmelsrichtungen liegt in den Verhältnissen, unter welchen die Kometen für die Erde und für die Nordhalbkugel insbesondere sichtbar werden. Die Kometen werden desto leichter aufgefunden, je näher ihre Perihelslänge der während des Periheldurchganges stattfindenden heliozentrischen Länge der Erde liegt. Für die Nordhemisphäre ist die Möglichkeit, Kometen zu entdecken, bei welchen dieser Zusammenhang besteht, im Sommer gröfser als im Winter, weil uns die Partieen des Himmels, die von der Sonne eine geringe Elongation haben, und in denen die Kometen am schnellsten hell zu werden pflegen, leicht zugänglich sind. Im Winter können wir die Kometen jedoch in sehr bedeutenden Elongationen von der Sonne, selbst in der Opposition, sehen. Hierdurch erklärt sich, warum die Perihelien der Kometen einerseits bei 270°, andrerseits bei 90° Länge überwiegen müssen. Die Kometen mit kleiner Periheldistanz verhalten sich entgegengesetzt, können aber die Zahl der einseitigen Perihelanhäufungen nicht sehr verwischen, da die Anzahl solcher Kometen eine geringe ist. Die Kometen gelangen also aus allen möglichen Gegenden des Himmels und mit einer von der Fortschreitung des Sonnensystems ganz unabhängigen Geschwindigkeit zur Sonne. Daraus kann man schliefsen, dafs die Kometen in den Sternenräumen ein besonderes System bilden, welches uns während des gemeinsamen Fortschreitens aller Planeten und Sa-

Digitized by Google

telliten begleitet. Sie erscheinen uns somit nicht als Produkte der Entwickelung des Nebularellipsoides, sondern gewissermafsen als losgerissene Bruchstücke jenes Systems.

Man kann sich nun vorstellen, dafs in dem wandernden Kometenheere die Kometen sich als einzelne Individuen zerstreut oder zu Gruppen vereinigt vorfinden, welche letzteren bisweilen durch die Attraktion der Sonne aufgelöst werden, wodurch sie in unser Sonnensystem gelangen. Diese Idee der Existenz besonderer Kometengruppen hat namentlich Hoek vertreten.[4]) Er war der Ansicht, dafs gewisse Kometen einst in sehr grofser Entfernung von der Sonne einander nahe gestanden und mit einander nicht zufällig verbunden gewesen seien. So hätten die Kometen 1860 III, 1863 I und 1863 VI eine solche Gruppe gebildet, desgleichen die von 1677 und 1683. Der Beweis ihres gemeinsamen Ursprungs sei durch die Gemeinsamkeit des Durchschnittspunktes ihrer Bahnen auf der Himmelskugel erbracht. Obwohl nämlich die Anziehung der Sonne die ursprüngliche Bewegung der in das Sonnensystem tretenden Kometen modifizire, müfsten doch die Ebenen der neuen Bahnen der Kometengruppe den Punkt gemeinsam haben, auf welchen hin die anfängliche Bewegung gerichtet gewesen ist. Die Entstehung solcher Kometengruppen hat nach Hoek wahrscheinlich in der Zerstreuung von grofsen Kometenmassen durch Sterne ihren Grund. Etwa in der Art, wie Theilungen von Kometen oder Kometenköpfen mehrfach in unserem Sonnensysteme vor sich gegangen und vermuthlich der Einwirkung der Sonne zuzuschreiben sind, könnte eine mächtige Sternmasse einen Kometen in Theile aufgelöst haben, die so lange eine Gruppe bilden mufsten, bis sie auf ihrer Wanderung in das Sonnensystem gelangt sind. Irgend ein Planet, dem die Kometen nahe kommen, kann dort wiederum eine abermalige Veränderung der Bahnen bewirken und unter Umständen die Ursache sein, dafs ein Komet, der einstmals in fernen Systemen wandelte, durch eine elliptische Bahn für immer an unsere Sonne gekettet wird. — Den Hoekschen Ansichten der Existenz besonderer Kometengruppen ist jedoch Holetschek[5]) entgegen getreten. Nach dem letzteren ist der Beweis durch die Gemeinsamkeit der Schnittpunkte ein illusorischer. Diese Punkte fallen in die Himmelsgegend, wo die Kometenfernen sich häufen (zwischen 90 und 270 Grad); da aber durch Holetschek schon früher die Ursache jener Häufigkeit auf terrestrische Verhältnisse zurückgeführt worden ist, und die Kometengruppen nur besondere

[4]) Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. IX.
[5]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. W. Bd. 98 u. 99.

Digitized by Google

Fälle dieser Anhäufung darstellen, ist kein Grund vorhanden, hier kosmische Vorgänge zu vermuthen.

Mufs man aus diesen und einigen anderen Gründen die Annahme von Kometengruppen auch fallen lassen, so kann die beobachtete Thatsache der Theilung eines Kometen in mehrere nebeneinander laufende nach Bredichin[6]) doch die Ursache des Ursprunges der periodischen Kometen sein. Bredichin stellt sich vor, dafs solche Trennungen durch explosionsähnliche Vorgänge eintreten können. In dem Falle, wo die fortgeschleuderte Masse eines parabolischen Kometen sich im Zustande eines gravitirenden Systems erhalten kann, werden die Theilchen derselben sich nicht in einen Meteorschwarm auflösen, sondern die Bahn des Schwerpunktes der Gesamtmasse verfolgen, und es wird auf diese Weise im Sonnensystem ein periodischer Komet geschaffen sein. Bredichin macht sogar eine Reihe periodischer Kometen namhaft, welche er als die ehemaligen Theilungsresultate bestimmter Kometen ansieht. Gegen die Annahme von Explosionen sprechen indessen Seeligers Untersuchungen über die Zusammenstöfse und Theilungen planetarischer Massen.[7]) Danach sind bei solchen Trennungen immer nur relativ geringfügige Kräfte im Spiel; so beim Kometen von 1882, wo die Bewegungsdifferenz zweier sich trennender Kerne anfänglich nur 2.6 m auf 478 km Entfernung betrug. Zudem sind Rückwirkungen, die sich bei Explosionen an einer selbstständigen Bewegung der abgetrennten Massen zeigen müssten, bisher in keinem Falle in den Beobachtungen wahrnehmbar gewesen.

Die Frage der Entstehung elliptischer Kometenbahnen (also periodisch zur Sonne zurückkehrender Kometen) aus ursprünglich parabolischen Kurven durch die störende Kraft von Planeten ist in neuester Zeit durch H. A. Newton, Tisserand und Callandreau studirt worden. Ersterer[8]) hat gefunden, dafs von tausend Millionen Kometen, welche sehr nahe an dem Jupiter vorübergingen, 126 Kometen Ellipsenbahnen von weniger als sechs Jahren Umlaufszeit erhalten würden, und viel gröfser wäre die Zahl der entstehenden elliptischen Kometen mit gröfserer Umlaufszeit. Auf so umgeformten Bahnen müfsten sich der „gefangene" Komet und der Jupiter nun öfter nach gewissen Zeitabschnitten begegnen und einander nähern, und durch diese Summirung der Jupiterwirkung kann die Umlaufszeit des Kometen noch weiter verkürzt werden. Allerdings kann durch diese Einwirkung

[6]) Astron. Nachr. No. 2877.
[7]) Abhandlg. d. bair. Acad. d. W. II. Cl. Bd. 17 II. Abth.
[8]) On the capture of Comets (American Journ. of Science, vol. 42, 1891.)

Digitized by Google

des Planeten Jupiter die fertige Ellipse schliefslich in eine Hyperbel verwandelt und der Komet dadurch auch ganz aus dem Sonnensystem entfernt werden. Erst wenn der ruhelos umhergetriebene Komet keinen Katastrophen durch den Jupiter mehr ausgesetzt ist, oder etwa die Mitwirkung anderer Planeten eingegriffen hat, darf man den Kometen als ständiges Mitglied unseres Sonnensystems ansehen. Tisserand[9]) hat gezeigt, dafs mindestens 15 der jetzt vorhandenen periodischen Kometen sich durch direkte Bewegung, geringe Neigung gegen die Ekliptik und in der Nähe der Jupiterbahn liegende Aphelien auszeichnen, und dafs diese Kometen durch Annäherungen an den Jupiter aus ursprünglich parabolischen Bahnen in elliptische überführt worden sein dürften. Callandreau[10]) erweitert noch diese Untersuchungen, indem er diese allmähliche Umbildung der Bahn in ihren einzelnen Phasen verfolgt. Der gestörte parabolische Komet kann schon, bevor er dem Jupiter besonders nahe kommt, in einer lang gestreckten Bahn wandeln und seine Periheldistanz erheblich verkürzt sein. Innerhalb der Wirkungssphäre des Jupiters sind die Störungen so bedeutende, dafs zwei einander vorher sehr ähnliche parabolische Bahnen nach dem Durchgange in zwei vollständig verschiedene Ellipsen verwandelt sein können.

Wie man aus unseren Darstellungen ersieht, ist nur ein Theil der Frage über die Kosmogonie der Kometen gegenwärtig klar gelegt, nämlich die Art der Bahnveränderungen, die sie erleiden, sobald sie in das Sonnensystem eingedrungen sind. Dagegen ist ihr eigentlicher Ursprung noch in Dunkel gehüllt. Wir dürfen höchstens vermuthen, dafs sie unsere Sonne auf ihrer Wanderung durch den unendlichen Weltraum begleiten und mit deren Bewegung ungefähr gleichen Schritt halten.

---

[9]) Bulletin astronomique. 1889 Juni, Juli.

[10]) Annales de l'Observ. de Paris, Mémoires. Tome XX.

Digitized by Google

Bringt die Sonne magnetische Stürme hervor?

Diese Frage hat bei der letzten Jahresfeier der Londoner königlichen Gesellschaft Lord Kelvin (Sir William Thomson), der Präsident der Gesellschaft, in einer Weise beantwortet, die vielen Hypothesen den Boden entzieht. Während man die Erde selbst als einen sehr kräftigen Magneten ansieht, nimmt man im allgemeinen an, dafs die Aenderungen in der Richtung und Stärke desselben von aufserhalb unseres Planeten liegenden Kräften bewirkt werden. Gewisse periodische Störungen des Erdmagnetismus, die zeitlich mit grofsen Revolutionen in dem Sonnenballe — wie sie die Sonnenflecke anzeigen — zusammenfallen, haben Sir Edward Sabine vor 40 Jahren veranlafst, diese Störungen für Wirkungen der Sonnenenergie zu halten, und die Maxwellsche Theorie über die Ausbreitung der elektrischen Wellen hat diese Ansicht genährt. Ueberlegen wir aber einmal, wie grofs die von der Sonne entwickelte Energie sein mufs, welche in der Entfernung von 150 Millionen Kilometern von ihrem Mittelpunkte noch im stande ist, einen magnetischen Sturm auf der Erde hervorzubringen. Als Beispiel nimmt Lord Kelvin einen solchen von mittlerer Gröfse, der am 25. Juni 1885 acht Stunden lang anhielt und von W. G. Adams beobachtet wurde. Um wirklich jenen Sturm hervorbringen zu können, hätte die Sonne mit 364 mal so viel Pferdestärken arbeiten müssen, als ihr gewöhnlich zukommen, oder — mit anderen Worten — sie hätte in jenen acht Stunden gerade soviel an Arbeit leisten müssen, als sie sonst in vier Monaten an Wärme- und Lichterzeugung fertig bringen kann. Darum ist es im hohen Grade unwahrscheinlich, dafs irgend eine dynamische Wirkung, die von der Sonne ausgeht, sei sie direkt magnetisch oder eine Folge von Stürmen in ihrer Photosphäre, irdische Magnetstürme erzeugen kann. Woher sollte auch eine solche kolossale Steigerung der Sonnenenergie kommen? Etwa von Meteoriten, die offenbar häufig in grofser Zahl in den Sonnenball stürzen? Lord Kelvin hat es längst erkannt, dafs die jährlich in die Sonne stürzenden Meteoriten

Digitized by Google

des P[illegible] geringe Masse besitzen, um die von der
vers[illegible] ausgestrahlte Energie nähren zu können,
fer[illegible] Ansicht zu eigen gemacht, dafs durch die
K[illegible] nenballes das fortwährend entstehende Manko
[illegible] und seit einigen Millionen Jahren die Strah-
[illegible] ihrem alten Betrage aufrecht erhalten werde. Zu
[illegible] Steigerung der Sonnenenergie aber, wie sie
[illegible] voraussetzt, ist der Opfertod solcher Meteoriten am
[illegible]. Es bleibt also vorläufig nichts übrig, als anzunehmen,
[illegible] der vermeintlichen Verbindung von Sonnenflecken und
[illegible] nichts weiter als eine blofse Koinzidenz vor uns haben.
[illegible] derbarer und unerklärlicher damit die periodischen Aende-
[illegible] des Erdmagnetismus werden, desto mehr müssen sie die
[illegible] anregen, die früher oder später ihr Werk belohnt sehen
[illegible]. Wir haben gegenwärtig zwei gut und sicher festgestellte
Verbindungen zwischen Magnetstürmen und anderen Erscheinungen:
das Polarlicht über und die Erdströme unter der Erde arbeiten sicher
in völliger Sympathie mit Magnetstürmen." — r.

Witterungs-Typen in Australien.

Von Meteorologen ist vielfach der Wunsch nach genauerer Kenntnifs des Witterungsverlaufes auf der südlichen Hemisphäre ausgesprochen. Längere Beobachtungsreihen liegen zwar von verschiedenen Orten derselben vor, aber das Studium der synoptischen Meteorologie, der gleichzeitigen Aenderungen des Wetters auf einem gröfseren Gebiete, war bis vor kurzem unmöglich, denn das einzige Material, die vom meteorologischen Amte der Vereinigten Staaten herausgegebenen internationalen Wetterkarten für 1878 bis 1884 enthielten nur die Angaben von durchschnittlich 5 Stationen der südlichen Halbkugel. Seit 1887 haben sich jedoch die Verhältnisse für Australien wesentlich geändert. Auf Anregung des Direktors am Brisbane Observatorium, Herrn Wragge, wurden zunächst für Queensland Wetterkarten auf Grund der Aufzeichnungen von ca. 70 Stationen aus allen Theilen des australischen Kontinents veröffentlicht. Fast gleichzeitig wurde im Auftrage der Regierung von Neu-Süd-Wales eine ähnliche Publikation herausgegeben, die sich mit manchen europäischen Wetterkarten sehr wohl messen kann, wenn man davon absieht, dafs an Sonn- und Feiertagen die Veröffentlichung unterbrochen wird.

Herr Russell, der Direktor des Sydney-Observatoriums hat die

Digitized by Google

australischen Wetterkarten einer eingehenden Prüfung unterzogen; naturgemäfs wurden dabei in erster Linie nicht wie bei uns die Zugstrafsen der Depressionen, sondern das Verhalten der für Australien typischen Hochdruckgebiete untersucht. Als bemerkenswerthestes Resultat ergab sich hierbei, dafs die Anticyklonen nicht längere Zeit fast unbeweglich über dem Kontinent liegen bleiben, sondern dafs in rascher Reihenfolge immer neue Maxima — im Jahresdurchschnitt 42 — Australien durziehen mit einer Geschwindigkeit von rund 64 km pro Tag, also ungefähr ebenso rasch wie die Depressionen in unseren Breiten. Für die Anticyklonen ist ferner charakteristisch, dafs sich ihre Axe bei dem Erreichen der Ostküste um ca. 90° im Sinne des Uhrzeigers dreht. Die Veränderungen im Hochdruckgebiet werden zum grofsen Theile bestimmt durch die an der Südküste von Ost nach West wandernden Depressionen. Diese Gebilde, welche als Theildepressionen des grofsen südpolaren Minimums aufzufassen sind, entziehen sich jedoch einer genaueren Untersuchung, da ihr Zentrum selten das Festland berührt; typisch für dieselben ist, dafs ihre Geschwindigkeit in der Nähe des Kontinents sich verringert, so dafs Schiffe die von Kap Leeuwin nach der Bafsstrafse fahren, häufig diese Windsysteme überholen.

Untersuchungen der erwähnten Art haben nicht nur den praktischen Werth, zum Verständnifs der Witterungsvorgänge in Australien und zur Verbesserung der Prognosen daselbst beizutragen, sondern sie gestatten auch allgemeine Schlüsse über die Beziehungen zwischen Anticyklonen und Depressionen. Auch bei uns sind wandernde Maxima nicht selten, jedoch gestalten sich die Verhältnisse hier so komplizirt, dafs Versuche, Gesetzmäfsigkeiten zu erkennen, bisher nicht erfolgreich gewesen sind. Hier können uns die gleichmäfsigeren und deshalb einfacheren Vorgänge auf der Südhemisphäre wichtige Fingerzeige geben. Sg.

Treibeis in südlichen Breiten.

Eine in seemännischen Kreisen Aufsehen erregende und namentlich in den „Annalen der Hydrographie“ von Herrn Kapitän Dinklage mehrfach besprochene Naturerscheinung ist die grofse Eistrift, welche im südatlantischen, indischen und stillen Ozean seit Ende des Jahres 1889 beobachtet wurde, sich aber erst im April 1892 in voller Mächtigkeit zeigte und langsam mit zeitweisen Rückwärtsbewegungen nach Ost trieb. Die Haupteismasse wurde Ende September zwischen 44 und

Digitized by Google

40° S. Br. und 34 und 22° W. Lg. angetroffen; es war auf diesem ca. 250 Seemeilen breiten und 550 Seemeilen langen Streifen das Meer mit Eisbergen und abgebröckelten Eisstücken völlig übersät. Bei einzelnen Bergen wurde eine Höhe von 100 m über dem Wasser und eine Länge von 1.5 Seemeilen sicher festgestellt; berücksichtigt man, dafs ein solcher Berg höchstens mit einem Fünftel seiner ganzen Mächtigkeit aus dem Wasser herausragt, so erhält man für diesen Kolofs ein Gesamtvolumen von rund 4000 Millionen Kbm. Der Anblick dieser Berge wird als ein höchst imposanter geschildert; sie erscheinen von fern in den verschiedensten Farben, die zwischen Grau, Schwarz, Grün und blendendem Weifs wechseln; bei stürmischem Winde rauchen die Berge vom Gischt und Wasserdampf der sich brandenden Wogen wie Vulkane und überschlagen sich, wenn eine Seite zu kopfschwer geworden ist, mit furchtbarem Getöse. Das übliche Kennzeichen für die Annäherung an Eisberge, die Abnahme der Meerestemperatur, erwies sich in vielen Fällen als unzuverlässig; auch scheint die Wassertemperatur, welche in diesen Breiten während des Sommers ca. 14° C. beträgt, keinen erheblichen Einflufs auf die Verminderung der Eismassen auszuüben. Die Trift im südatlantischen Ozean ist bei ihrer Wanderung nach Ost Ende Oktober aus der üblichen Segelroute herausgekommen, jedoch sind Anfang dieses Jahres neue Eismassen aus Südost bis 48° S. Br. und 47° W. Lg. vorgerückt und dürften, nach der Gröfse der Eisberge zu schliefsen, ebenfalls längere Zeit der Schifffahrt gefährlich werden.

Die aufsergewöhnlichen Treibeismengen bieten nicht allein nautisches, sondern auch meteorologisches Interesse dar. Eine so bedeutende Wärmeanomalie, wie sie diesem Phänomen entspricht, wird wahrscheinlich nicht in den höhern südlichen Breiten allein einen Ausgleich finden, sondern man wird auch die Witterungsvorgänge in niedern Breiten damit in Zusammenhang bringen müssen. Für das Bestehen eines solchen Zusammenhanges haben hervorragende Meteorologen mehrfach sich ausgesprochen; ein direkter Nachweis ist bisher nicht geführt, dürfte aber vielleicht bei Untersuchung der letzten Jahre mit ihren scharf ausgeprägten Witterungsepochen Erfolg haben. Sg.

Neues über den elektrischen Lichtbogen.

Die von Davy im Jahre 1821 entdeckte und heute in so grofsem Mafsstabe nutzbar gemachte Erscheinung des elektrischen Lichtbogens entsteht bekanntlich in der Weise, dafs zwei Kohlenstäbe, von denen

Digitized by Google

der eine mit dem positiven, der andere mit dem negativen Drahte einer Leitung verbunden ist, in Kontakt gebracht und dann um eine kleine Strecke, etwa 1—10 mm, von einander entfernt werden. Der bei der Berührung zu stande kommende Strom hört nach der Trennung nicht auf; vielmehr bildet sich zwischen den Kohlen ein in der Mitte bläulich, am Rande in der Regel gelblich leuchtendes, flammenähnliches Gebilde, welches den Strom leitet. Die Bogenform tritt auf, wenn man die Kohlen etwas weit von einander entfernt, und besonders, wenn man sie wagerecht stellt; sie ist lediglich eine Folge des aufsteigenden Stromes erwärmter Luft. Das hellste Licht geht indefs nicht von diesem Flammenbogen aus, sondern von den glühenden Kohlenspitzen, vornehmlich von der positiven Kohle. Dies die bekannten Thatsachen, denen wir im Folgenden einige neuere Resultate beifügen wollen.

I. Die Temperatur des elektrischen Flammenbogens. Da der Lichtbogen zu den wirksamsten Mitteln der Erzeugung hoher Temperaturen gehört, und infolgedessen die Messung seiner Temperatur grofse Schwierigkeiten darbot, erscheint es nicht verwunderlich, dafs man schliefslich in übertriebene Vorstellungen von dieser Temperatur verfiel. Man nahm an, dafs sie 4000, ja wohl gar 4500 Celsiusgrade betrage. Neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand sind am Schlusse des vorigen Jahres[1]) von Herrn Prof. Violle in Paris angestellt worden, und zwar nach einer geistvollen, wenngleich im Prinzip sehr einfachen Methode. Violle überzeugte sich zunächst durch photometrische Messungen davon, dafs die Temperatur des hellsten Theiles der positiven Kohle stets dieselbe ist, gleichviel ob die Stromstärke einen hohen oder geringen Betrag hat. Die Versuche wurden angestellt mit Strömen, welche einer mechanischen Leistung von 0,7—46 Pferdekräften entsprachen. Schon dieses Resultat ist sehr auffallend und wichtig. Die Sache ist danach genau so, wie wenn man Wasser mit Hülfe einer geringen oder einer sehr starken Wärmezufuhr zum Sieden bringt; es hat bekanntlich in beiden Fällen die Temperatur denselben Werth, nämlich 100°. Violle zieht aus seiner Beobachtung auch den entsprechenden Schlufs: In dem elektrischen Flammenbogen kommt der Kohlenstoff zum Sieden; die Wärmewirkung des elektrischen Stromes steigert deshalb die Temperatur nicht weiter, sie macht die feste Kohle luftförmig. — Diesen unmittelbaren Uebergang aus dem festen in den luftförmigen Zustand

[1]) Comptes rendus, Tome 115, No. 26.

Digitized by Google

haben wir uns dem Verhalten des Eises unter der Luftpumpe analog zu denken. Das etwa in kleinen Mengen gebildete Schmelzwasser verdampft sofort, so dafs man geradezu sagen kann, das Eis verwandle sich unmittelbar in Wasserdampf; entsprechendes würde also auch für den Kohlenstoff im Flammenbogen gelten.

Weiterhin kam es nun darauf an, diese Siedetemperatur zu bestimmen. Violle schlug ein kalorimetrisches Verfahren ein. Die Kohle wurde nahe ihrem Ende mit einer Einschnürung versehen, so dafs sich an der Spitze ein Knopf von etwa 2 cm Durchmesser befand. Sobald die Beobachtung im Photometer zeigte, dafs dieser Theil gleichmäfsig glühend war, wurde er durch einen Stofs in ein kleines Kupfergefäfs, dessen Wände mit Kohlenplatten bedeckt waren, geschleudert. Dieses Gefäfs gab in der üblichen Weise seine Wärme an eine bestimmte Wassermenge ab, deren Temperaturerhöhung dann gemessen wurde. Unter Annahme gewisser wahrscheinlicher Werthe für das Wärmefassungsvermögen der Kohle ergab sich, dafs jenes abgelöste Stück eine Temperatur von 3500° besessen haben müsse. Dies ist also die Temperatur der hellsten Stelle der positiven Kohle und gleichzeitig der Siedepunkt der Kohle.

Dieses Sieden des Kohlenstoffes ist nach Prof. Berthelot insofern kein rein physikalischer Vorgang, wie etwa das Sieden des Wassers, als es sich gleichzeitig um einen Zerfall von Molekülgruppen des festen Kohlenstoffes, also um einen Vorgang handelt, den man als einen chemischen zu bezeichnen pflegt; ein Theil der Stromenergie wird zu dieser Trennung verbraucht.

Die Energie, welche dem gasförmigen Kohlenstoff innewohnt, tritt wieder zu Tage in den beträchtlichen Wärmemengen, welche die explosiblen Gemische von Kohlenwasserstoffen oder anderen gasförmigen Kohlenstoffverbindungen mit Sauerstoff zu erzeugen vermögen. Man erhält durch solche Explosionen Temperaturen von 4000° und darüber, wenngleich es ja seine Schwierigkeit haben würde, diese Temperaturen nun auch einem benachbarten festen Körper mitzutheilen.

Das Gesetz der Transformation der Knochen.*) — Wenn wir im Folgenden einmal auf die Ergebnisse im Gebiete medizinischer Forschung zu sprechen kommen, so geschieht dies, weil unseres

*) Nach einem vom Reg.-Rath Geitel in der polytechnischen Gesellschaft zu Berlin am 2. März gehaltenen Vortrage (Pol. Centralbl. V, 13 und 15).

Digitized by Google

Wissens in keinem Falle so klar wie in dem zu besprechenden die Anpassung der Organe des lebenden Körpers an die ihnen obliegenden Funktionen zu Tage tritt, weil besonders diese Anpassung sich hier in so kurzer Zeit vollzieht, dafs sie sich während ihres Verlaufes verfolgen läfst, während man bisher bei der Länge der dazu nöthigen Zeiträume auf allerdings sehr wahrscheinliche Hypothesen angewiesen war. Wenn man, den Aufbau eines Blattes studirend, in den Rippen die I-Träger wiedererkennt, welche dem Bau eines Hauses Festigkeit geben, so ergiebt sich zwar als sehr wahrscheinlich die Anpassung dieser Organe an das Festigkeitsbedürfnifs der Pflanze, aber es ist damit nicht gesagt, in welchen Zeiträumen diese Konstruktionen gerade die ihnen heute eignende Form angenommen haben.

Fig. 1.

Fig. 2.

Ferner hat die Hypothese — man kann es nicht leugnen — noch etwas Unwissenschaftliches an sich, da ja gerade die Werkzeuge der Menschen den natürlichen Organen abgesehen sind — nach Kapp „Organprojektionen" darstellen —, und das verliert sich erst, sobald von jenen Werkzeugen mit Hilfe der Mechanik bewiesen ist, dafs sie den Gesetzen der Festigkeit und der Material-Oekonomie gerade in der Form, in der sie angewandt werden, besonders Genüge leisten. Die wissenschaftliche Theorie der Baukonstruktionen ist aber durch die Erfindung der Graphostatik so gefördert und vereinfacht worden, dafs man jetzt leicht diejenige Form eines Instrumentes, bei der es jene Gesetze befriedigt, auffinden kann. So sind die leichten Brückenkonstruktionen, der moderne Eisenbau der Häuser, der Eiffelthurm möglich geworden; so ist auch der elegante Fairbairn-Krahn erfunden worden. Zeigt es sich nun, dafs ein solchermafsen nach den Prinzipien der Graphostatik aufgebautes Instrument mit einem thierischen oder

Digitized by Google

pflanzlichen Organ übereinstimmt, so ist erst der Beweis geführt, dafs auch die Natur bei der Bildung ihrer Organe dieselben jenen Gesetzen der Festigkeit und Oekonomie anpafst. Ein sehr einfaches Beispiel dieser Art ist der menschliche Oberschenkelknochen (Fig. 1 und 2), der genau jenen Fairbairn-Krahn nachahmt. Schneidet man einen thierischen Knochen der Länge nach entzwei, so erblickt man darin eine grofse Menge kleiner Knochenfasern, die auf den ersten Blick ohne besonderes Gesetz durcheinander laufen, die sogenannten Spongiosabälkchen. Der Erfinder der Graphostatik Culman in Zürich erkannte nun zuerst, dafs diese Bälkchen im Oberschenkelknochen nicht anders verlaufen, als auch die stützenden Querbalken in einem Fairbairn-Krahn ver-

Fig. 3.

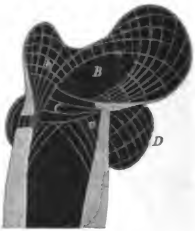


Fig. 4.

laufen mufsten, wenn ihnen zugemuthet wurde, die gröfste Festigkeit beim geringsten Materialaufwand zu gewährleisten. Die Anpassung erreicht also bereits einen an Evidenz grenzenden Grad von Wahrscheinlichkeit. Aber völlig wird sie zur Evidenz gebracht, wenn man verletzte Knochen zur Heilung bringt. Prof. J. Wolff in Berlin hat in dieser Hinsicht die Erfahrung mehrerer Decennien gesammelt und jetzt auf Kosten der Berliner Akademie herausgegeben. Es zeigt sich in allen untersuchten Fällen, dafs die Knochen während des Heilungsprozesses sowohl in ihrem äufseren — der Dicke der Wände — als auch in ihrem innern Bau — in der Lage jener Spongiosabälkchen — sich genau dem Dienste anpassen, den sie zu leisten haben. Wir brauchen nur die beiden Figuren 3 und 4 anzusehen, welche einen gebrochenen Oberschenkelhals kurz nach dem Bruche und nach vollzogener Heilung darstellen. Während zu den Seiten der Bruchstellen neue Knochenmassen mit neuen Spongiosabälkchen dem Organe die Festigkeit wiedergeben, hat sich im Kopfe des Schenkels eine dem neuen Zustande angepafste Verschiebung jener Bälkchen vollzogen,

Digitized by Google

die mit der Aufzehrung des nun überflüssig gewordenen Materials bei B verbunden war. So zeigt sich, dafs die Natur nicht blos in den langen Zeiträumen, in welchen die Wandlungen der organischen Welt sich sonst vollziehen, immer höhere Stufen der Anpassung erstrebt, sondern auch in der kurzen Spanne Zeit, die ein Knochenbruch zu seiner Heilung erfordert, die Gesetze der Anpassung an die Erfordernisse der Festigkeit unter strengster Material-Oekonomie befolgt. —r.

Ueber E. E. Barnards Lebensgang wurden am 8. März 1893 einige bemerkenswerthe Einzelheiten bekannt, als der verdiente Kometenjäger und Entdecker des fünften Jupitermondes von der Vanderbilt-Universität in Nashville U. S. zum Ehrendoktor ernannt ward. Nach den bei dieser Gelegenheit gemachten Mittheilungen war Barnard erst ein ununterrichteter Knabe, der in einer photographischen Gallerie Beschäftigung fand. Dort verbrachte er seine Tage, während er Nachts bei klarem Wetter stets auf dem Dache des Hauses zu finden war, wo er, einer unüberwindlichen Neigung folgend, mit einem kleinen Fernrohre den Himmel durchmusterte. Bald darauf wurde er Student der Vanderbilt-Universität und bildete sich als solcher aufs eifrigste nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch in der Astronomie aus, da er zur Sternwarte freien Zutritt erlangte. Nun machte er sich in kurzer Zeit einen Namen als Kometenentdecker. Dies hatte seine Berufung an die Licksternwarte zur Folge, wo er nun, einer der treuesten Arbeiter am gröfsten Fernrohr der Welt, eine Fülle wichtiger Beobachtungen ausführte und durch die Entdeckung des fünften Jupitermondes glücklich genug war, seinen Namen mit dem Galileis verknüpfen zu können.

Neu entdeckter Komet.

Auf dem Privatobservatorium Flammarions in Juvisy bei Paris hat am 9. Juli Quénisset einen sehr hellen Kometen entdeckt. Derselbe bewegt sich mit grofser Geschwindigkeit aus dem Sternbild des Luxes, in welchem er aufgefunden wurde, in südwestlicher Richtung und kann nach Eintritt der Dunkelheit selbst mit ganz kleinen Instrumenten leicht wahrgenommen werden. Einer ersten rohen Bahnberechnung zufolge hat der Komet am 7. Juli das Perihel passirt; er entfernt sich schon jetzt schnell von der Erde und wird merklich schwächer. G. W.

Digitized by Google

Arthur Mee: Observational Astronomy, a book for beginners, to which is added a brief memoir of the Rev. Prebendary Webb, with a specially contributed appendix. With illustrations. — Daniel Owen and Compagny, Cardiff 1893. VIII, 79 und VII Seiten gr. 8°. Preis 2 sh. 9 d.

Das vorliegende Buch ist in der Hauptsache bestimmt, dem astronomischen Laien in knapper Form eine anschauliche Darlegung der neuesten Ergebnisse auf dem Gebiete der physischen Astronomie zu vermitteln; daraus, dafs es sich ausschliefslich an englische Leser wendet, erklärt sich manche Eigenthümlichkeit, die der deutsche Beurtheiler im Interesse der Gerechtigkeit und gröfserer Allgemeinheit gern vermieden gesehen hätte. Für den englischen Leserkreis mag es ja recht interessant sein zu erfahren, was auf heimischem Boden oft mit den bescheidensten instrumentellen Hilfsmitteln erreicht worden ist; nothwendigerweise erhält aber dadurch die ganze Anlage des Buches eine unerwünschte Einseitigkeit, welche in populären Schriften so wenig wie in der Wissenschaft angebracht erscheint. Der Verfasser hätte diesen Einwürfen sehr einfach begegnen können, wenn er dem gewählten Titel noch das Wörtchen „English" vorgesetzt hätte.

Die Darstellung an sich kann sowohl ihrer fesselnden Form wegen als auch inhaltlich wohl unseren Beifall finden. Die vielen Hinweise auf andere Publikationen, in denen der Leser gründlichere Belehrung findet, als dies in dem knappen Abrifs möglich ist, würden indessen vollständig entbehrlich gewesen sein, zumal die angeführten Quellen dem Laien im allgemeinen nicht eben leicht zugänglich sind; eine einfache Verweisung beispielsweise auf Newcombs „Populäre Astronomie" oder ein ähnliches Werk wäre vollständig hinreichend gewesen.

Alle diese Bedenken könnten indessen kaum schwer genug ins Gewicht fallen, um von der Lektüre des Werkes, das manches treffliche Kapitel und einen gediegenen Anhang mit Originalbeiträgen anderer Forscher enthält, gänzlich abzuraten; was aber zu besonderen Ausstellungen Anlafs bietet, das ist die — sagen wir es kurz — eigenthümliche bildliche Ausstattung. Man mag Elger als Mondforscher noch so hoch schätzen, — künstlerisch sind seine Mondzeichnungen nicht, und es ist nicht gerechtfertigt, sie als Muster in populären Darstellungen zu reproduziren. Was an dieser einen speziellen Gruppe von Abbildungen getadelt ist, das gilt — mit wenigen Ausnahmen — von allen übrigen; es sei beispielsweise nur noch eine Reproduktion erwähnt, die der Unterschrift zufolge den Orion-Nebel darstellen soll. Theilweise mag die mangelnde Sorgfalt nach der technischen Seite hin die Schuld tragen, denn die Illustrationen von Instrumenten beispielsweise, für welche offenbar vorhandene Clichés benutzt wurden, lassen nichts zu wünschen übrig; aber eine wirkliche Entschuldigung wird darin schwerlich gefunden werden können. Weniger, aber besser! — würde im vorliegenden Fall nur erwünscht gewesen sein. G. W.

Digitized by Google

F. Stolze, Photographische Bibliothek. Bd. I. Die photographische Ortsbestimmung ohne Chronometer. Berlin 1893, Verlag von Mayer und Müller. Preis. Mk. 2,00.

Die vorliegende Abhandlung setzt eine sehr bedeutungsvolle, bislang noch nicht hinreichend beachtete Anwendungsart der photographischen Methode in der Wissenschaft auseinander, nämlich die Lösung der Aufgabe, die geographische Länge und Breite ohne Chronometer zu bestimmen. Wenn schon an sich eine Methode der Ortsbestimmung, die das wichtigste Instrument des messenden Astronomen, die Uhr, entbehrlich macht, ein hohes theoretisches Interesse beanspruchen darf, so erhöht sich die Bedeutung des hier angegebenen Verfahrens besonders durch den für jeden Forschungsreisenden eminent praktischen Werth desselben, der sich auf verschiedene Umstände gründet. Erstens ist nämlich ein regelmäfsiger Gang eines Chronometers bei Landreisen auf schlechten Wegen in der Mehrzahl der Fälle gar nicht zu erzielen, sodafs alle sich auf Zeitbestimmungen stützenden Feststellungen schon deshalb sehr unsicher ausfallen müssen. Zweitens aber sind geographische Forschungsreisende meist keine geübten Fachastronomen, so dafs es für sie eine starke Zumuthung ist, nach vollbrachtem, mühsamem Tagesmarsch, der ihre Kräfte nach jeder Richtung hin voll in Anspruch nahm, noch bei den vielfachen Störungen des Lagerlebens doppelt anstrengende wissenschaftliche Beobachtungen auszuführen. Die Erfahrung lehrt dementsprechend, dafs die Resultate der unter solchen Umständen gewonnenen Beobachtungsdaten oft eine so geringe Genauigkeit besitzen, dafs die auf die Reduktionsrechnungen verwandte Mühe fast vergeudet erscheint. Kann nun aber an Stelle der Auge-Ohr-Methode die rein mechanische Arbeit einer photographischen Aufnahme treten, so wird dadurch nicht nur dem Reisenden eine wesentliche Erleichterung gegeben sein, sondern auch der Astronom, dem doch schliefslich die rechnerische Bearbeitung des Beobachtungsmaterials zufällt, wird eine wesentlich dankbarere Aufgabe bei der Reduktion zu erfüllen haben, da er ja auch selbst die Ausmessung der Platte mit aller erreichbaren Genauigkeit besorgen kann und sonach im Grunde genommen seine eigenen Beobachtungen reduzirt.

Die vom Verfasser angegebene Methode besteht nun darin, dafs man zunächst einen Stern (oder die Sonne) eine Zeit lang seinen Weg auf der photographischen Platte einzeichnen läfst und die Zenithdistanzen des Anfangs- und End-Punkts der Spur, sowie die Differenz der Azimuthe dieser beiden Punkte mifst. Alsdann führt die Rechnung auf Grund dieser Daten leicht zur Kenntnifs der Breite, der Zeit und der Lage des Meridians. Für die Bestimmung der geographischen Länge jedoch ist auch hier, wie bei gewöhnlichen Ortsbestimmungen, in der Regel Zuflucht zu nehmen zur Fixirung des Mondortes in Bezug auf irgend welche Gestirne; aus den durch eine Parallaxenrechnung auf den Erdmittelpunkt reduzirten „Monddistanzen" läfst sich nämlich dann wegen der schnellen Bewegung des Mondes leicht die zugehörige Weltzeit und damit die geographische Länge des Beobachtungsortes finden. — Der Verfasser giebt nun in seiner Schrift nicht nur die Theorie seiner Methode, sondern er läfst sich auch ausführlich über die praktische Ausführung aus, untersucht die erreichbare, durchaus hinreichende Genauigkeit und giebt eine bis ins Einzelne gehende Beschreibung seines für den vorliegenden Gebrauch besonders zweckmäfsig konstruirten photographischen Theodoliten, der an Stelle eines Universalinstrumentes mit Vortheil angewendet werden kann.

In einem Anhang wird das Stativ, das Negativgitter und die Spiegel, sowie die Verpackung des Theodoliten behandelt, ferner werden Anweisungen

Digitized by Google

für topographische Aufnahmen zur Verbindung der astronomisch bestimmten Punkte gegeben, die Nützlichkeit telestereoskopischer Aufnahmen betont und schliefslich noch ein neues Wegerad beschrieben. Das Büchlein bietet sonach jedem Forschungsreisenden eine Fülle wichtiger und dankenswerther Winke in Bezug auf die Heranziehung der allezeit dienstbereiten Photographie zur Erleichterung und Vervollkommnung der Lösung der wichtigsten Aufgaben der Topographie.

F. Kbr.

Hammer, E., Prof.: Zeitbestimmung (Uhrkontrole) ohne Instrumente durch Benutzung der Ergebnisse einer Landesvermessung. Allgemein verständlich dargestellt. Mit Tafel der Sonnendeklination und der Zeitgleichung für 1893 bis 1896 und einer Figur. Stuttgart, J. B. Metzler 1893.

Nach einem kurzen Ueberblick über den Werth der Zeitbestimmung vermittels der populären Zeitmesser von der Sonnenuhr an bis zum Chronodeik trägt der Verfasser sein Verfahren vor, welches als Hilfsmittel nur eines Senkels bedarf. Im wesentlichen besteht diese Methode darin, dafs man den Antritt der Sonnenränder an den Senkelfaden in einem bekannten Azimuth beobachtet. Ein solches Azimuth erhält man, wenn man als Beobachtungsort und Zielpunkt zwei durch die Landesvermessung ihren Koordinaten nach bestimmte Lokalitäten wählt, was in den Kulturstaaten keine Schwierigkeiten bieten dürfte, da selbst in der Nähe kleinerer Ortschaften genügend trigonometrisch festgelegte Punkte (Thurmspitzen, Fahnenstangen, Blitzableiter etc.) zur Verfügung stehen. Aus den rechtwinkeligen Koordinaten des beobachteten Ortes und des Visirpunktes wird dann das Azimuth der Abschenslinie, also das Sonnenazimuth, gefunden, und hieraus ergiebt sich, da ja die Polhöhe des Beobachtungsortes aus den Karten, die Deklination der Sonne aus dem Jahrbuch entlehnt werden kann, in bekannter Weise der Stundenwinkel der Sonne und mithin auch die Uhrkorrektion. Um das Jahrbuch zu ersparen, hat der Verfasser eine Tabelle der Zeitgleichung und der Sonnendeklination für den Zeitraum von 1893 bis 1896 beigefügt. Der Verfasser glaubt nach vielen Versuchen den mittleren Fehler einer derartigen Bestimmung auf kaum über + 0,05 m annehmen zu dürfen. Obwohl die Telegraphenstationen täglich die amtliche Zeit übermittelt erhalten, ist doch sicher oft eine Zeitkontrole an kleineren Orten geboten, weil hier nicht selten eine gewöhnliche Schwarzwälder Uhr die Rolle einer Normaluhr übernehmen mufs. Diese Kontrole kann jedermann, selbst ein geübter Schüler, nach der angegebenen Art ohne instrumentelle Hilfsmittel leicht und schnell ausführen. Schw.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Galileo Galilei.

Vortrag, gehalten im mathematischen Verein zu München
von Professor Dr. **von Braunmühl.**
(Schlufs.)

Als im Jahre 1598 Galileis Dienstzeit in Padua abgelaufen war, erneuerte der Senat zunächst die Anstellung auf weitere 6 Jahre und später bis zum Jahre 1609 mit einer jedesmaligen Vermehrung seines Gehaltes, was ihn zu neuer Thätigkeit anspornte. Fassen wir dieselbe etwas näher ins Auge.

Wir sahen, wie Galilei durch seine dynamischen Untersuchungen sich immer mehr in Widerspruch mit den herrschenden Ansichten der Peripatetiker setzte. Nun bot sich ihm, der den Kampf liebte, unerwartet eine erwünschte Gelegenheit, sich offen gegen dieselben zu erklären, als am 10. Oktober 1604 plötzlich zum Staunen und Schrecken der Peripatetiker ein neuer Stern im Sternbilde des Schlangenträgers erschien. Da nach Aristoteles der Himmel unzerstörbar und unveränderlich ist, so konnte diese augenfällige Veränderung nach Ansicht der herrschenden Schule nur in der Sphäre zwischen Mond und Erde vor sich gegangen sein. Galilei aber hielt im Dezember 1604 drei öffentliche Vorträge, in denen er nicht nur nachzuweisen suchte, dafs der Stern unmöglich innerhalb der Entfernung des Mondes von der Erde entstanden sein könne, sondern dafs sich derselbe sogar weiter als alle Planeten von der Erde entfernt befinde, also in die Region der Fixsterne zu versetzen sei. Gegen diese Vorträge, die auch im Druck erschienen, aber nur mehr bruchstückweise erhalten sind, eröffneten in der nächsten Zeit die Peripatetiker heftige Angriffe, in denen sie, obwohl vergebens, für die bedrohten Grundlagen ihrer Philosophie eintraten. Doch scheint sich Galilei darum wenig be-

Digitized by Google

kümmert zu haben, da ihn schon wieder andere Studien, besonders solche über Magnetismus fesselten. Aber halten wir uns hierbei nicht länger auf und eilen wir zu den Jahren 1609 und 1610, welche eine Epoche in der Geschichte der Astronomie bedeuten.

1609 hatte Galilei, wie er selbst erzählt, die Nachricht erhalten, dafs in Holland ein Instrument erfunden worden sei, mit dem man entfernte Gegenstände näher rücken und so genauer betrachten könne. Ob er Näheres über diese Erfindung ermittelte oder wohl gar eines der in Holland gefertigten Fernröhre zu Gesicht bekam, läfst sich nicht mehr feststellen; wohl aber ist sicher, dafs er in wenigen Tagen durch Herausprobiren, wie er selbst angiebt, ein Fernrohr fertiggestellt hatte. Dasselbe stellte er dem Senate in Venedig durch seinen Freund Sagredo zur Verfügung, mit einer Schrift begleitet, worin sein Nutzen für Nautik und Astronomie auseinandergesetzt war. Hierauf beeilte sich der Senat, unter Verdreifachung des Gehaltes seine Professur in eine lebenslängliche zu verwandeln.

Mit dieser wichtigen Erfindung beginnt jene Periode in Galileis Leben, in welcher er seine gröfsten Triumphe feierte. Er hatte den glücklichen Gedanken, das neuerfundene Fernrohr, das er bis zu einer dreifsigfachen linearen Vergröfserung verbessert hatte, gegen den gestirnten Himmel zu richten, und war dadurch in die Lage versetzt, Dinge zu schauen, die noch kein menschliches Auge vor ihm gesehen hatte. Seine astronomischen Entdeckungen und Beobachtungen, die er damals machte, legte er in dem im März 1710 erschienenen „Nuncius sidereus“ oder „Sternboten“ nieder, der bei seinem Erscheinen ungeheueres Aufsehen erregte, was wohl zu begreifen ist; denn, hatte alles das seine Richtigkeit, was Galilei in diesem denkwürdigen Buche mittheilte, so war das Gebäude der alten Philosophie in seinen Grundfesten erschüttert, und es war schwer abzusehen, wo sich neue Stützen für seine wankenden Mauern finden sollten!

Den Mond, den die Peripatetiker für eine glänzende, spiegelglatte Scheibe gehalten hatten, schildert Galilei in diesem Buche als eine mit hohen Gebirgen und Thälern ausgestattete Welt gleich der unsrigen; die Milchstrafse, die man für einen Nebel oder für Meteore angesehen hatte, erklärt er für ein Heer unzähliger Sterne; in den Plejaden, von denen man bisher nur 6 Sterne kannte, zählte er deren 40, ebenso im Haupte des Orion 21 u. s. w. Aber die wichtigste daselbst mitgetheilte Entdeckung war die der 4 Jupitersstrabanten, denn dadurch war ad oculos demonstrirt, dafs sich ein Zentrum von Bewegungen selbst wieder bewegen könne, was damals

Digitized by Google

für undenkbar galt. Galilei weist auf diese wichtige Konsequenz auch sofort im „Sternboten" hin, indem er sagt, dafs damit die Möglichkeit des Copernikanischen Systems klar bewiesen sei.

Am 7. Januar 1610, Nachts 1 Uhr erblickte er zum ersten Male drei der Trabanten Jupiters und am 13. desselben Monates alle vier; er beobachtete ihre Bewegungen während zweier Monate aufs genaueste und theilte ihre Stellungen bei diesen Einzelbeobachtungen im „Sternboten" mit, wo er ihnen auch schon, dem Hause von Toscana zu Ehren, den Namen Mediceische Gestirne beilegte.

Hier will ich gleich bemerken, dafs er später die Umlaufszeiten festgestellt, sowie Tafeln berechnet hat, die ihm dazu dienen sollten, die Verfinsterungen dieser Trabanten zur geographischen Längenbestimmung zu gebrauchen. Die Methode, die er hierzu angab, wollte er zuerst an Spanien, dann an die Generalstaaten verkaufen, griff aber in seinen Forderungen so hoch, dafs sich die lange Zeit durch seinen Freund Elie Diotata in Paris geführten Unterhandlungen wieder zerschlugen.

Durch seine astronomischen Entdeckungen war Galileis Namen in aller Mund gekommen, und der Grofsherzog Cosimo II, der am 7. Februar 1609 unter Vormundschaft seiner Mutter die Regierung in Toscana übernommen hatte und ein Schüler Galileis war, drang in ihn, Padua zu verlassen und nach Florenz überzusiedeln. Zu seinem Unglücke gab Galilei diesem Drängen nach und verliefs die Republik Venedig, unter deren freien Gesetzen er, geehrt vom Senate und mit den einflufsreichsten Senatoren durch Freundschaftsbande verbunden, seine reformatorischen Ideen ungehindert hätte entwickeln können, und begab sich in ein Land, dessen Regierung unter direktem Einflusse Roms und der Jesuiten stand.

Am 10. Juli 1610 wurde er zum ersten Hofmathematiker des Grofsherzogs ernannt und mit Gunstbezeugungen überhäuft, auch hatte er keine öffentlichen Vorlesungen mehr zu halten, wahrscheinlich, neben seiner Liebe zur Heimath, der Hauptgrund, der ihn zu diesem Schritte veranlafst hatte, der später für ihn so unheilvoll werden sollte.

Nachdem Galilei noch in Padua die merkwürdige Gestalt Saturns beobachtet hatte, den er bei der schwachen Vergröfserung seiner Fernröhre für ein Drillingsgestirn hielt, machte er, kaum in Florenz angekommen, am 11. Dezember 1610 die für ihn viel wichtigere Entdeckung der Phasen der Venus und des Merkurs; diese Entdeckung war für ihn deshalb von so grofser

Digitized by Google

Wichtigkeit, weil sie einmal die Dunkelheit der Planeten bewies und dann, weil sie zeigte, dafs sich dieselben um die Sonne bewegen, wie der Mond um unsere Erde, ein neuer Wahrscheinlichkeitsgrund für die Richtigkeit der Copernikanischen Lehre von der zentralen Stellung der Sonne im Planetensystem. Hiervon gab er sofort Kepler und dem Jesuiten Clavius am Collegium Romanum Nachricht, mit dem er schon lange in freundschaftlichem Verkehr stand, und reiste am 23. März 1611 nach Rom, um dort, in der Zentrale der Gelehrsamkeit, seine astronomischen Entdeckungen den Gelehrten selbst zu zeigen, da sie denselben noch grofsentheils ungläubig gegenüberstanden. Er wurde in Rom mit grofsen Ehren aufgenommen, und es gelang ihm auch sehr bald durch seine Demonstrationen und Vorträge, seine Gegner vollständig zu überzeugen. Ja, auf Betreiben des dem Jesuitenorden angehörigen Kardinals Bellarmin wurde ihm von Clavius und drei andern Professoren des römischen Kollegs ein Gutachten ausgestellt, welches die Wahrheit der neuen Entdeckungen bezeugte. Damals wurde er auch Mitglied der Accademia dei Lincei, die 1603 von dem Fürsten Federigo Cesi gestiftet worden war. Ob Galilei zu dieser Zeit schon seine Ansicht über das Copernikanische Weltsystem rückhaltlos äufserte, ist nicht bekannt; aber bei Freunden und Feinden stand es fest, dafs er völlig überzeugter Copernikaner sei, und es dauerte auch nicht lange, bis er, durch seine Erfolge in Rom kühn gemacht, mit dieser seiner Ueberzeugung öffentlich hervortrat. Dies geschah zum ersten Male in seinen Briefen über die Sonnenflecken, die im Jahre 1613 der Oeffentlichkeit übergeben wurden.

Werfen wir einen kurzen Blick auf die Entstehungsgeschichte dieser Briefe. Am 12. Oktober 1611 schrieb der Jesuit Christoph Scheiner, Professor der Mathematik in Ingolstadt, an den Augsburger Patrizier Marcus Welser, der mit allen hervorragenden Gelehrten seiner Zeit in Korrespondenz stand, einen Brief, in welchem er ihm mittheilte, dafs er bereits im März 1611 Flecken auf der Sonne entdeckt habe, und legte eine Reihe von systematischen Beobachtungen, die er im Oktober 1611 begonnen hatte, mit Abbildungen versehen, bei. Diesem Briefe folgten rasch noch 2 weitere, und M. Welser beeilte sich, dieselben in Augsburg unter dem Pseudonym: Apelles latens post tabulam drucken zu lassen, und sandte am 6. Januar 1612 ein Exemplar davon an Galilei, ihn um seine Ansicht über die daselbst besprochene Entdeckung ersuchend. Am 4. Mai desselben Jahres nun antwortete Galilei in einem umfangreichen Schreiben,

Digitized by Google

worin er sofort die Priorität der Entdeckung auch dieser Erscheinung für sich in Anspruch nahm, indem er bemerkte, er habe schon vor etwa 18 Monaten, also im November 1610, die Flecken auf der Sonne beobachtet und dieselben auch bei seinen Demonstrationen in Rom den dortigen Gelehrten und Prälaten gezeigt. In einem in unserer Zeit wieder aufgefundenen Privatbriefe behauptet er sogar, die Flecken schon im Juli oder August 1610 gesehen zu haben; jedenfalls hat er aber damals die Wichtigkeit der Erscheinung nicht erkannt, da er nicht einmal seinen Freunden davon Mittheilung machte.

Diesem Briefe Galileis vom 4. Mai 1612 folgten dann im August und September desselben Jahres noch 2 weitere an M. Welser nach, die, mit dem ersten vereinigt, das genannte Buch über die Sonnenflecken ausmachen.

In diesen Schriften, die viel Interessantes enthalten, griff er Scheiners Ansichten, der übrigens für sich die Priorität damals nicht in Anspruch genommen hatte, an und machte denselben dadurch und noch mehr durch seine späteren Angriffe zu seinem erbittertsten und zugleich gefährlichsten Gegner. Auf den heftigen Kampf, der in der Folge zwischen diesen beiden Männern entstand, kann ich nicht weiter eingehen und will nur Galileis Anspruch auf die Priorität der Entdeckung feststellen. Ich habe diese Frage früher*) einmal genau untersucht und kam zu dem Resultate, dafs man wohl Galilei wird zugeben müssen, dafs er die Sonnenflecken zum ersten Mal sah, dafs dagegen, was die Daten der Beobachtungen und der Publikationen anlangt, an erster Stelle Johann Fabricius, an zweiter Stelle Christoph Scheiner und erst an dritter Stelle Galilei zu nennen ist. Doch hat er, was seine Anschauung über das Wesen der Flecken anlangt, seinen Gegner Scheiner sofort übertroffen, indem er schon in seinem ersten Briefe an Welser sie für wolkenartige Gebilde einer die Sonne umgebenden Atmosphäre hielt, während Scheiner anfangs noch glaubte, sie seien dunkle Körper, die die Sonne in nächster Nähe umkreisen. Ueberdies lehrten Galilei seine Sonnenfleckenbeobachtungen, dafs die Sonne eine Rotationsbewegung besitze, und gaben ihm so von neuem eine Waffe gegen die Aristotelische Ansicht von der Unveränderlichkeit des Himmels in die Hand. Aufserdem spricht er sich am Ende seines dritten Briefes hauptsächlich auf Grund der Planetenphasen zum ersten Male unumwunden zu Gunsten des Copernikanischen Systems aus und bot mit diesen Dingen seinen Neidern eine längst ersehnte Gelegenheit zum Angriff.

*) Beilage zur „Allgemeinen Zeitung“ 1890 No. 107.

Digitized by Google

Mit grofsem Geschicke lockten ihn diese auf das gefährliche Gebiet der theologischen Fragen, indem sie am Hofe von Toscana ein Tischgespräch über die Nichtvereinbarkeit von Galileis Ansichten mit der Bibel in Scene zu setzen wufsten, bei dem Galileis intimster Freund, der Benediktiner Castelli, anwesend war, der für seines Meisters Lehren eifrig eintrat. Natürlich gab er auch Galilei von diesem Gespräche und den Angriffen seiner Gegner Nachricht, und dieser antwortete ihm am 21. Dezember 1613 in einem langen Schreiben, worin er eine ausführliche Darlegung seiner Ansichten über die Interpretation der Bibel gab und diese Anschauungen auf diejenigen Stellen der hl. Schrift anwandte, welche der Copernikanischen Lehre entgegenstehen.

Damit war nur erreicht, was seine Gegner wünschten. Da sie trotz aller Bemühungen das Original dieses Briefes nicht erhalten konnten, so verschafften sie sich eine Kopie, die der Dominikanerpater Lorini benutzte, um Galilei bei der Inquisition zu verdächtigen. Diese hatte sich schon, unabhängig von den geschilderten Vorgängen, seit einiger Zeit ernstlich mit der Frage beschäftigt, wie die Kirche sich zu der Lehre des Copernikus über die Erdbewegung zu verhalten habe. Denn, während 70 Jahre das Buch des letzteren nicht nur unbeanstandet geblieben war, sondern die Kirche die Verbreitung der Copernikanischen Lehre sogar eher gefördert als gehemmt hatte, da man dieselbe nur für eine mathematische Hypothese hielt, erfunden zur leichteren Berechnung der Planetenbewegung, so war jetzt die Gefahr wesentlich gestiegen, seit Galilei für die Realität dieses Systems eintrat. Namentlich hatte der schon genannte Kardinal Bellarmin, so sehr er auch Galilei persönlich zugethan war und ihn später zu schützen suchte, und so sehr er auch dessen neue Entdeckungen mit Interesse verfolgte, doch die Gefahr erkannt, welche in der neuen Weltanschauung lag, die aus der Reform der astronomischen Ansichten sich zu entwickeln drohte. Daher waren seine Bemühungen darauf gerichtet, durch ein Verbot der Copernikanischen Lehre diesen Bestrebungen frühzeitig einen Riegel vorzuschieben.

So wurde denn dieses Verbot beschlossen, und es half Galilei nichts, dafs er im Jahre 1615 selbst nach Rom reiste, um persönlich diesen Beschlufs zu hintertreiben, dafs er all' seine glänzende Beredtsamkeit aufbot, um seine Gegner zu überzeugen, ja dafs er, wie Ohrenzeugen aus jener Zeit bekunden, in seinen Disputationen die gröfsten moralischen Erfolge erzielte.

Digitized by Google

Am 5. März 1616 wurde durch ein Dekret der Indexkongregation des Copernikus Buch solange suspendirt, bis es verbessert sei.

Aufserdem hatte das hl. Offizium schon am 25. Februar desselben Jahres den Kardinal Bellarmin beauftragt, Galilei zu ermahnen, seine Meinung aufzugeben, und wenn dieser sich zu gehorchen weigere, so solle ihm der Kommissär der Inquisition vor Notar und Zeugen den Befehl ertheilen, dafs er sich durchaus enthalte, diese Meinung zu lehren oder zu vertheidigen oder über sie zu handeln; wenn er sich aber hierbei nicht beruhige, so solle er eingekerkert werden.

Dafs der Kardinal Bellarmin seinen Auftrag ausführte, ist sicher, denn er stellte Galilei über diesen Verwarnungsakt ein Zeugnifs aus, das noch erhalten ist, aber blofs dahin lautet, dafs er in Zukunft nur noch hypothetisch über die Copernikanische Lehre schreiben und nicht für die Wahrheit derselben eintreten dürfe. Von einem Sonderverbot in der vorhin erwähnten Form vor Notar und Zeugen ist aber hierin nicht die Rede; und doch stützt sich gerade die Anklage gegen Galilei, die im Jahre 1633 zu seiner Verurtheilung führte, auf die Existenz eines solchen Sonderverbotes. Man hat daher mit Recht die Echtheit eines in den Prozefsakten vorhandenen Blattes angezweifelt, das den Erlafs eines solchen Verbotes unter dem 26. Februar 1616 registrirt.

Aber sei dem, wie ihm wolle, wenn auch Galilei ein solches Verbot wirklich erhalten hat, so ist zwar das Verfahren gegen ihn im späteren Prozesse formell gerechtfertigt, aber die ganze Handlungsweise wird dadurch gewifs nicht entschuldbar. —

Auf diesen betrübenden Ausgang der Verhandlungen hin gab jetzt Galilei allerdings den schon lange gefafsten Plan auf, ein rein wissenschaftliches Werk „De systemate mundi“ zu veröffentlichen, aber offenbar in dem Glauben, durch das Zeugnifs des Kardinals Bellarmin geschützt zu sein, und dadurch ermuthigt, dafs ein Gönner von ihm, Maffeo Barberini, als Urban VIII 1623 den päpstlichen Thron bestieg, begann er bald, seine Gedanken und Beweise zum Copernikanischen System in eine andere Form umzuarbeiten, von der er glaubte, dafs sie keinem Angriffe ausgesetzt sein werde.

Dadurch entstanden seine unsterblichen Dialoge über die beiden Weltsysteme (siehe das Titelbild), die nach Ueberwindung von mancherlei Schwierigkeiten, man mufs sagen, unbegreiflicher Weise, das Imprimatur der Zensurbehörde erhielten und im Februar 1632 im Drucke erschienen.

Digitized by Google

Diese Dialoge umfassen die an 4 Tagen stattfindenden Gespräche zwischen denselben drei Personen, denen wir schon bei Besprechung der Discorsi begegneten: Salviati, Sagredo und Simplicio. Schon in der Form sind die Dialoge ein Kunstwerk ersten Ranges; jede der drei Personen ist mit psychologischer Feinheit ganz individuell charakterisirt. Bewundernswerth ist die dramatische Kunst, die die Erwartung aufs höchste zu steigern vermag, wenn die Lösung irgend eines Räthsels bevorsteht, bewundernswerth auch die kunstvolle Entwirrung der aufgestellten Paradoxa. Dabei zeigt sich hier, wie in den Discorsi, neben dieser dramatischen Begabung auch wieder glänzend Galileis grofsartiges Lehrtalent, mit dem es ihm durch den Mund Salviatis oftmals gelingt, dem schwachen Simplicius die schwierigsten Dinge klarzulegen, indem er sich hierbei häufig des Mittels bedient, durch geschickte Fragen ihm selbst die richtigen Antworten zu entlocken, die seiner eigenen Aristotelischen Wissenschaft widersprechen.

Aber alle diese formalen Vorzüge werden überragt von der Höhe des Standpunktes, zu dem sich Galilei durch seine wirklich geniale Begabung über alle seine Zeitgenossen emporgehoben hat. Nicht nur beherrscht er die ganze Wissenschaft seiner Zeit mit souveräner Gewalt, sondern er versteht es, überall das Unnatürliche und Geschraubte in ihren Sätzen und Beweisen aufzudecken und durch alleinigen Anschlufs an die Natur und deren Beobachtung durch die einfachsten Gedanken und Ueberlegungen zu ersetzen. Um es mit einem Worte zu sagen: Galilei denkt völlig modern, er denkt wie wir, oder vielleicht richtiger gesagt, wir denken jetzt, wie er schon damals in einer Zeit dachte, deren Art zu denken wir heute schlechterdings nicht mehr zu begreifen vermögen.

Darin allein liegt auch der unsterbliche Werth der Dialoge, darin die Gewalt, die sie noch jetzt auf den Leser ausüben, und Jeder, der einmal dieses Werk, sei es im Originale oder in der trefflichen Uebersetzung von Straufs, die erst vor kurzem erschienen ist, in die Hand nimmt, wird den Zauber fühlen, der mit unwiderstehlicher Gewalt zu fesseln vermag.

Es war Galileis Absicht nicht, in diesem Werke etwa eine eingehende Darstellung davon zu geben, wie sich die einzelnen Erscheinungen durch die schwerfälligen Annahmen des Ptolemäus oder durch die einfacheren des Copernikus erklären lassen, oder auseinanderzusetzen, welche Vortheile durch die neuentdeckten Keplerschen Gesetze erreicht waren — nein, die letzteren werden auch nicht mit einem Worte erwähnt; ihm war es vielmehr, wie Straufs ganz

Digitized by Google

richtig sagt, nur darum zu thun, gegen die mehr oder weniger thörichten Vorurtheile seiner Zeit bezüglich der Erdbewegung aufzutreten. Von diesen Vorurtheilen waren es aber nur die physikalischen Einwände, welche eine ernsthafte wissenschaftliche Widerlegung forderten, und diese finden daher fast ausschliefslich in den Dialogen ihre Behandlung. —

Man wird es nach dem Wenigen, was ich von dem Inhalte der Dialoge mitgetheilt habe, begreiflich finden, dafs das Erscheinen dieses Buches einen Sturm in der Welt der Gebildeten hervorrufen mufste, wie er noch nie erlebt worden ist. Wenn Galilei auch in der durch die Zensurbehörde korrigirten Vorrede sagte, „der Zweck seines Werkes sei nur der, den fremden Nationen zu beweisen, dafs man in Italien über diese Materie ebensoviel wisse, als nur immer die Forschung des Auslandes darüber ermittelt haben mag", wenn er auch im Laufe der Dialoge wiederholt vorsichtig bemerkt, dafs alle für das Copernikanische System sprechenden Gründe zurücktreten müfsten hinter den Worten der Bibel, so vermochte er doch so wenig seine Begeisterung für die von ihm erkannte Wahrheit zu unterdrücken, dafs jeder Leser erkennen mufste, für welches System er das Wort ergriffen hatte und welche Absicht er mit seinem Buche verfolgte.

Auch warben die Dialoge thatsächlich dem Copernikanischen System immer mehr Freunde und Anhänger, und gerade diese Anschuldigung war es, mit der sie der Inquisition denunzirt wurden, wie aus den jetzt veröffentlichten Prozefsakten hervorgeht. Man kann Galilei nicht von der Schuld freisprechen, dafs er durch seine allzugrofse Kampflust, die er auch in den Dialogen so wenig wie in seinen früheren Schriften zu unterdrücken vermochte, seine Gegner zu dieser Denunziation, welche die Wiederaufnahme des Prozesses gegen ihn veranlafste, gereizt hat. Welche Persönlichkeit es war, der die Anzeige bei der Inquisition zur Last zu legen ist, hat sich bis jetzt nicht feststellen lassen, da sie in den Prozefsakten nicht genannt wird; doch weist eine gegründete Vermuthung auf Christoph Scheiner hin, denn gerade ihn hatte Galilei in den Dialogen wieder neuerdings in beleidigender Weise angegriffen und ihn seiner schönsten Entdeckungen im Gebiete der Sonnenflecken zu berauben gesucht.

Jedenfalls ist es auffallend, dafs Scheiner, obwohl er vom Kaiser zweimal nach Deutschland zurückberufen worden war, nicht eher von Rom fortging, als bis der Prozefs gegen Galilei sein trauriges Ende gefunden hatte. Es ist mir vor einiger Zeit gelungen, diesen Umstand, der bisher nicht erwiesen war, durch Auffindung einer

Digitized by Google

Notiz in einem handschriftlichen Kodex der hiesigen Universitätsbibliothek unzweifelhaft festzustellen.

Doch verfolgen wir die weitere Entwickelung der Dinge! Da Galilei, wie wir wissen, die Druckerlaubnifs für sein Buch erhalten hatte, so blieb seinen Feinden nur der eine Weg, ihm beizukommen, dafs man auf jenes Sonderverbot zurückging, das ihm am 26. Februar 1616 ertheilt worden sein sollte, und ihn beschuldigte, mit Umgehung desselben die Druckerlaubnifs erschlichen zu haben. Ich habe schon erwähnt, dafs gewichtige Gründe, namentlich das Zeugnifs des Kardinals Bellarmin, dagegen sprechen, dafs ihm überhaupt ein solches Sonderverbot ertheilt wurde, und dafs daher gegründeter Verdacht besteht, der Inhalt der in den Akten wirklich vorhandenen Aufzeichnung über den Erlafs eines solchen Verbotes sei mit Absicht gefälscht worden, um juristisch ein wirklich belastendes Moment gegen ihn in die Hand zu bekommen.

Doch fassen wir uns kurz: Der 69jährige Greis wurde vor die Inquisition geladen und verliefs am 20. Januar 1633 Florenz, um sich nach Rom zu begeben. Aber erst am 12. April fand das erste Verhör gegen ihn statt, während er in der Zwischenzeit aus Rücksicht für seinen Grofsherzog in dem Palaste des Toscanischen Gesandten Niccolini hatte wohnen dürfen. Auf die Einzelheiten des Prozesses, wie sie uns jetzt durch die Veröffentlichung der Prozefsakten bekannt sind, kann ich nicht eingehen und will nur bemerken, dafs er im ersten Verhör angab, von einem gegen ihn ergangenen Verbote nichts zu wissen, und zur Bekräftigung dieser Aussage das Zeugnifs von Bellarmin vorlegte; in den weiteren Verhören, die am 30. April, am 10. Mai und am 21. Juni 1633 stattfanden, verleugnete er auf das entschiedenste, jemals die Copernikanische Lehre für die richtige gehalten zu haben, behauptete, er habe die Dialoge nur geschrieben, um die Gründe für die Copernikanische Lehre als nicht stichhaltig zu erweisen, und gab an, die scheinbare Bevorzugung jener Lehre in den Dialogen sei nur aus Eitelkeit auf seine ungewöhnlich scharfsinnigen Einfälle hervorgegangen. — Da ihm dies die Richter natürlich nicht glaubten, so wurde, wie das Verurtheilungsdekret sagt, gegen ihn zum examen rigorosum geschritten, d. h. in der Sprache der Inquisition, zur Folter. Die Prozefsakten aber enthalten hiervon nichts; es bleibt also auch hier wieder eine dunkle Stelle, die aufzuhellen sich namentlich Emil Wohlwill viel Mühe gegeben hat. Nach seinen scharfsinnigen Untersuchungen ist es das Wahrscheinlichste, dafs Galilei nur die sogenannte territio durchmachen mufste, d. h. dafs er in die

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Folterkammer abgeführt und dort unter Hinweis auf die Folterwerkzeuge noch einmal über die Wahrheit seiner Aussagen befragt wurde, worauf er, wie das Dekret sagt, „katholisch" geantwortet hat.

Am 22. Juni 1633 mufste er dann im Dominikanerkloster Santa Maria sopra Minerva in Gegenwart der Kardinäle und Prälaten des hl. Offiziums der Verlesung des Urtheils beiwohnen, das auf lebenslänglichen Kerker lautete, und knieend vor der ganzen Versammlung seine ketzerische Ansicht über das Copernikanische System abschwören. „Mit diesem erzwungenen Meineid", sagt Straufs, „erreichte die Scene ein Ende, eine der barbarischsten, welche in der Weltgeschichte je aufgeführt wurden." —

Man hat die verschiedensten Reflexionen über das merkwürdige Verhalten Galileis bei diesem Prozesse angestellt, indem man z. B. hervorhob, dafs es eines solchen Geisteshelden würdiger gewesen wäre, wenn er an seiner Ansicht festgehalten hätte, statt sie zu verleugnen. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird niemand bestreiten. Andererseits dürfen wir es aber einem 70jährigen Greise, der durch die Verfolgung und das harte Verfahren gegen ihn geistig und körperlich völlig gebrochen war, doch wohl nicht so hoch anrechnen, wenn er sich von dem sicheren Tode auf dem Scheiterhaufen zu erretten suchte durch Verleugnung seiner wissenschaftlichen Ueberzeugung, für die er sein ganzes Leben hindurch gekämpft hatte. Doch sei dem, wie ihm wolle, jedenfalls war dieser Ausgang für die Wissenschaft ein Glück. Denn da die ihm zuerkannte lebenslängliche Kerkerstrafe durch die Gnade des Papstes in eine lebenslängliche Verbannung auf sein Landhaus bei Arcetri verwandelt wurde, war es ihm ermöglicht, jene Discorsi zu vollenden, deren hohen wissenschaftlichen Werth wir bereits besprochen haben. Dieses Werk mufste er jedoch im Auslande drucken lassen, da die Herausgabe irgend eines neuen von ihm verfafsten Werkes seit 1633 in Italien verboten war, eine Mafsregel, aus der man deutlich erkennt, dafs es seinen Feinden nicht so sehr um die Rettung der alten Weltanschauung, als vielmehr um die gänzliche Vernichtung ihres gefährlichsten Gegners zu thun war.

Ueberhaupt blieb Galilei bis zu seinem Lebensende in seinem eigenen Hause ein Gefangener und streng Ueberwachter und genofs nur im schriftlichen Verkehr mit ausländischen Freunden und Verehrern einige Freiheit. Erst als er 1637 das Augenlicht zuerst auf dem rechten, dann auf seinem linken Auge verloren hatte und überhaupt körperlich sehr leidend war, wurde ihm erlaubt, um bessere ärztliche Pflege zu erhalten, in sein Haus nach Florenz zurückzukehren, aber

Digitized by Google

auch dies erst, als der eigens zur Konstatirung seines Zustandes zu ihm gesandte Inquisitor von Florenz, Fanano, bezeugt hatte, dafs er mehr einem Todten als einem Lebenden zu vergleichen sei. Daselbst erholte er sich jedoch etwas ganz wider Erwarten, und es war ihm, den nie seine geistige Kraft verlassen hatte, ein grofser Trost, als im Juli 1639 Viviani und 1641 Toricelli die Erlaubnifs erhielten, als Schüler mit ihm zu verkehren. So war es ihm wenigstens noch vergönnt, die letzten Jahre seines ereignifsreichen Lebens, das er am 8. Januar 1642 zu Arcetri beschlofs, in einer ihm zusagenden Umgebung und Unterhaltung zuzubringen.

Hiermit sind wir am Schlusse unserer Betrachtung angelangt. Ich habe es versucht, in kurzen Zügen das reiche Leben eines Mannes zu schildern, der, wie er selbst sagt, seine Aufgabe darin sah, überall in der Wissenschaft die Wahrheit zu suchen, der mit den grofsen Mitteln eines genialen Geistes ausgestattet in den Kampf für die Wahrheit eintrat, aber in diesem Kampfe unterlag.

Doch, wenn er es auch nicht mehr selbst erlebte, die von ihm vertretene wissenschaftliche Wahrheit hat schliefslich den Sieg errungen und so die Worte des grofsen Mannes glänzend bestätigt, „dafs es kein unfehlbares Buch als die Natur giebt, in welcher die ganze Philosophie in mathematischen Charakteren verzeichnet ist.“

Digitized by Google

Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter.

Von Dr. **M. Wilhelm Meyer.**

(Schlufs.)

Nachdem wir nun die hauptsächlichsten Beobachtungen aus letzter Zeit hier aufgeführt haben, wollen wir sehen, inwieweit dieselben das Bild der Oberflächenbeschaffenheit des Mars in unserer Anschauung zu vervollständigen im stande sind, und welcher der drei früher entwickelten Hypothesengruppen sie das Uebergewicht verleihen.

Zunächst kann wohl konstatirt werden, dafs unter den heutigen mafsgebenden Beobachtern Barnard allein dasteht mit Zweifeln über die schneeige Beschaffenheit der Polarflecke, indem dieser nur noch allein sich der alten Hypothese von Brett zuneigt. Seine Ueberzeugung von dem wolkigen Charakter dieser Gebilde basirt der junge Astronom auf die Veränderlichkeit und das schnelle Verschwinden dieser Flecke. Wir haben schon früher gesehen, wie dieses durch die sehr veränderten Strahlungsverhältnisse auf dem Mars wohl erklärt werden kann, und kommen noch weiter darauf zurück.

Was nun ferner die Meinung des Herrn Professor Schaeberle anbetrifft, dafs nämlich die helleren Stellen auf dem Mars Meere, die dunkleren Land seien, weil einerseits auch in den dunkleren Gebieten Schattierungen und Gestaltveränderungen vor sich gehen, und andererseits von der Lick Sternwarte aus die Bay von San Franzisko stets heller erscheint als die umgebenden Landgebiete, so wird man auch diese Argumente gegen die allgemeinere Meinung nicht allzu schwer beseitigen können. Die Landschaft um Mount Hamilton mufs wohl jedenfalls dicht bewaldet sein; in diesem Falle ist es allerdings ganz natürlich, dafs das Land dunkler erscheint. Auch wird die Sonne meistens vor dem Beobachter, nicht hinter demselben stehen, so dafs der von der Meeresfläche reflektirte Strahl ins Auge gelangt. Bei sandigen und felsigen Uferpartieen werden diese fast immer viel

Digitized by Google

heller erscheinen als das Wasser, unter allen Umständen dann, wenn die Sonne hinter dem Beobachter steht. Man braucht nur irgend eine Bildergallerie zu durchwandern, um zu erkennen, dafs man fast immer das Wasser dunkler gesehen hat als die umgebende Landschaft. Nun beziehen sich Schaeberle und Holden freilich hauptsächlich auf bewegtes Wasser, dessen Wirkung mit der eines Spiegels allerdings nicht unmittelbar verglichen werden kann. Sehen wir bewegtes Wasser unter einem spitzen Winkel, so reflektirt die uns zugekehrte Seite des Wogenberges stets sehr viel Licht gegen uns hin, da ihre Neigung alle möglichen Gröfsen annehmen kann. Je höher die Wogen gehen, d. h. je verschiedenartigere Lagen zur Horizontalen die Böschungen der Wogenberge besitzen, desto mehr Licht wird im allgemeinen nach allen Seiten hin reflektirt werden; zerknittertes Staniol beispielsweise wird, wenn die Sonnenstrahlen nicht allzu schräg auffallen, stets als Licht reflektirende Fläche auftreten. Eben solche Verhältnisse denken sich die Astronomen der Lick Sternwarte auf Mars vorhanden. Es scheint mir aber, dafs wir gar keine Veranlassung haben, die Meere des Mars als beständig in grofser Aufregung befindlich annehmen zu müssen; ganz im Gegentheil sprechen alle Gründe dafür, dafs die Marsatmosphäre viel ruhiger ist als die unsrige, und dafs deshalb nicht durch unregelmäfsige Ausstrahlungen, durch Wolkenbildungen etc., Sturmbewegungen möglich sind. Ferner ist es völlig sicher, dafs Flutherscheinungen wie diejenigen, welche unsere Meere in beständiger Bewegung erhalten, auf Mars garnicht oder nur in äufserst schwachem Mafse auftreten. Wie die Atmosphäre, so müssen auch die Meere des Mars im allgemeinen ruhig sein; ganz besonders, wenn sich die betreffende Region im Zentrum der Marsscheibe befindet, also die Sonnenstrahlen ziemlich senkrecht auffallen, wird die Wirkung der Kräuselung der Meeresoberfläche für uns eine minimale sein, und die Meere müssen nothwendig, wenn sie aus Wasser bestehen, dann eine tiefdunkelblaue Färbung annehmen wie bei uns unter denselben Bedingungen. Dies beobachtet man aber in Wirklichkeit auf Mars. Jenes besondere Argument des Herrn Professor Schaeberle kann uns deshalb an sich nicht veranlassen, von der sonst ganz allgemein adoptirten Ueberzeugung, dafs die dunklen Flecke des Mars unseren Meeren entsprechen, abzuweichen.

Aber der genannte hervorragende Astronom führt noch ein anderes, jedenfalls viel schwerer wiegendes Argument für seine Ansicht an, nämlich die von allen Marsbeobachtern wahrgenommene Erscheinung, dafs in den meisten sogenannten Meeren häufig Verände-

Digitized by Google

rungen der Farbennuancen und auch topographische Details hervortreten. Sind es wirklich Meere wie die unsrigen, so ist dies nicht erklärlich. Nun haben wir schon vorhin gesehen, dafs Pickering in der That nur zwei hauptsächliche Regionen für wirkliche Meere ansieht, die stets tief dunkel auftreten und keinerlei Detailzeichnung aufweisen. Die weiteren dunkleren Gebiete müssen wir also für Gegenden erklären, welche meist überschwemmt sind und nur in solchen Zeiten den Charakter von Meeren besitzen, oft aber auch theilweise oder ganz vom Wasser freigelegt werden. Dann überziehen sich dieselben, wie man deutlich bemerken konnte, mit frischem Grün. — Dafs derartige Wasserbewegungen in der That sehr schnell geschehen und das Aussehen solcher Gebiete ganz gründlich verändern können, vermögen irdische Verhältnisse jeden Tag, wenn auch in kleinerem Mafsstabe, zu zeigen. Am deutlichsten tritt die analoge Erscheinung bei den versandeten Mündungen von Strömen auf, beispielsweise im Wesergebiet. Während der Ebbe kann hier der sandige Grund auf weite Strecken sehr schnell aus dem dunkeln Wasser hell hervortreten. Nun können zwar, wie soeben bemerkt, solche Flutherscheinungen von kurzen Perioden auf Mars nicht auftreten, aber es müssen dort nothwendig verhältnifsmäfsig starke Austauschbewegungen des Wassers zwischen den beiden Halbkugeln um die Nachtgleichen herum stattfinden. In der That beobachtet man solche schnellen Veränderungen der Nuancen und Konturen dieser Gebiete am häufigsten, ja wie es scheint ausschliefslich, zu diesen Zeiten. Ebenfalls läfst sich die auf der Lick Sternwarte gemachte Wahrnehmung, dafs man gelegentlich die Kanäle sich bis in die Meere, und zwar als dunkle Linien, fortsetzen sieht, ohne weiteres erklären. Besorgen diese Kanäle bei dem notorischen Mangel eines das nördliche mit dem südlichen Meere verbindenden Ozeans diesen halbjährlichen Wasseraustausch, so werden sie den Boden der Meere bis auf gewisse Strecken hinaus aufwühlen, und das Wasser wird hier in der Fortsetzung der Kanäle also dunkler erscheinen.

Haben uns nun allerdings auch die neueren Beobachtungen in unserer Ueberzeugung nicht erschüttern können, dafs die dunklen Gebiete meistens vom Wasser bedeckte Oberflächentheile, die hellen Gebiete Land seien, so bleibt doch die Schwierigkeit für die Erklärung der diese letzteren Gebiete durchziehenden geradlinigen Kanalgebilde immer noch bestehen. Zwar scheint der beste Kenner des Mars, Schiaparelli, mehr und mehr zu der Ueberzeugung zu kommen, dafs eine rein geologische Erklärung dieser Kanalsysteme doch wohl möglich sei. In einem erst ganz jüngst erschienenen vortrefflichen

Digitized by Google

...levue „Natura ed Arte“
...gebracht wurde, sagt bei-
...as Netz der Kanäle ist wahr-
...Zustandes des Planeten im Laufe
...kann nicht annehmen, dafs hier
...erliegt, und trotz der fast geometrischen
...zeigen wir uns heute der Ansicht zu, dafs
...twickelung des Planeten sind, ähnlich wie
... Manche und der von Mozambique.“ An einer
... noch hinzu, dafs die Annahme intelligenter
...rschen Charakter der Verdoppelungen erklären
... unbedingt gemacht werden mufs. „Die Natur
...den geometrischen Zug auch in vielen anderen Er-
... welchen die Vorstellung einer künstlichen Herbei-
... ausgeschlossen ist. Die so überaus vollkommenen
...der Himmelskörper und der Ring des Saturn sind auch
... der Drehbank gearbeitet, und Iris zeichnet ihren schönen
...gen Bogen nicht mit dem Zirkel in die Wolken; und was
... wir, von der unendlichen Mannigfaltigkeit schöner und sym-
...trisch gebauter Körper sagen, die uns in dem Reiche der Krystalle
entgegentreten! Und endlich in der organischen Welt, sind es da nicht
treffliche geometrische Regeln, welche die Stellung der Blätter gewisser
Pflanzen bestimmen, welche den symmetrischen Figuren so vieler
Blumensterne zu Grunde liegen, sowie denjenigen der strahlenförmigen
Meeresthiere, und die endlich jene in schön geschwungenem Bogen
zulaufenden Gehäuse der Muscheln bauen, deren Bauplan hinter dem
der schönsten gothischen Bauwerke nicht zurücksteht?! In allen
diesen Fällen sind die geometrischen Formen nur einfache und noth-
wendige Folgen der Gesetze, welche die physikalische und physio-
logische Welt beherrschen. Dafs diese letzteren als Aeufserungen
einer höheren Intelligenz aufgefafst werden könnten, hängt mit unserer
Frage nicht zusammen.

„Entsprechend dem Prinzip, dafs man in der Erklärung der
Naturerscheinungen immer von den einfachsten Annahmen auszugehen
hat, haben die ersten Hypothesen über die Natur der Verdoppelungen
hauptsächlich auf unorganische Vorgänge Bezug genommen. Da
handelt es sich entweder um Lichteffekte in der Atmosphäre des Mars,
oder um optische Täuschungen, die durch Dämpfe in irgend welcher
Weise hervorgerufen werden, oder um Vorgänge in den Eismassen
eines ewigen Winters, zu welchem der ganze Planet verdammt sein

Digitized by Google

soll, oder um Risse in seiner Oberfläche, die sich verdoppeln, oder endlich um einfache Spalten, deren Bild sich dadurch verdoppelt, dafs aus ihnen Rauch in langen Streifen, welche vom Winde seitwärts getrieben werden, heraustritt. Die Prüfung dieser sinnreichen Versuche führt allemal zu dem Schlufs, dafs keiner unter ihnen den beobachteten Thatsachen im ganzen und im einzelnen vollkommen entspricht. Einige unter diesen Hypothesen würden überhaupt nicht entstanden sein, wenn ihre Autoren die Verdoppelungen mit eigenen Augen hätten sehen können. Allerdings mufs ich bekennen, dafs auch ich, wenn mich Jemand, der auf subjektive Beweise Wert legt, fragen wollte, ob ich eine bessere Erklärung habe, mit einem offenen Nein antworten müfste.

„Viel leichter kommen wir zum Ziel, wenn wir Kräfte in Betracht ziehen, welche der organischen Natur angehören; denn hier ist der Spielraum plausibler Annahmen ein ungeheurer, da man sich, selbst bei Beschränkung auf einfache und kleine Mittel, alle möglichen Kombinationen ersinnen kann, welche die Beobachtungen erklären. Ein Wechsel der Vegetation auf weiten Landstrecken, Schaaren von gröfseren oder sogar kleineren Thieren in ungeheurer Zahl könnten sich auf solche Entfernungen sehr wohl sichtbar machen. So würde ein Beobachter auf dem Mond Kenntnifs gewinnen von den Jahreszeiten, während deren in unseren weitgestreckten Ebenen die Bestellung der Aecker erfolgt, das Getreide grünt und geerntet wird. Ja, das Hervorsprieſsen der Gräser in den ungeheuren Steppen Europas und Asiens müfste auch für einen Beobachter auf dem Mars durch einen Wechsel der Farbe bemerkbar werden, und ebenso wird sicherlich auch uns ein ähnlicher Vorgang auf diesen Gestirnen erkennbar sein. Aber wie schwierig würde es für die Bewohner des Mondes oder des Mars sein, die wahren Ursachen solcher Aenderungen im Aussehen der Erde ohne eine wenigstens oberflächliche Kenntnifs der irdischen Verhältnisse zu erkennen. So macht auch für uns, die wir so wenig von der physikalischen Beschaffenheit des Mars und nichts von seiner etwaigen organischen Welt kennen, der grofse Reichthum an plausiblen Annahmen alle Erklärungsversuche unsicher; er bildet geradezu ein Hindernifs für die Gewinnung sicherer Erkenntnifs. Alles, was wir hoffen können, ist, dafs sich mit der Zeit diese Unbestimmtheit schrittweise verringern wird, zum mindesten in der Weise, dafs wir zeigen können, was jene Verdoppelungen nicht sind. Wir müssen auch etwas Vertrauen in das setzen, was Galilei die Höflichkeit der Natur nannte, der zufolge sie uns von Zeit zu Zeit von ganz uner-

Digitized by Google

warteter Seite her einen Lichtstrahl zusendet und uns über Dinge aufklärt, welche zuvor jeder Spekulation unerreichbar schienen. Ein schönes Beispiel hierfür bietet uns die Spektralanalyse der Himmelskörper. Hoffen wir also und arbeiten wir weiter!"

Man wird nicht verkennen, dafs auch dem grofsen intelligenten Forscher die Erklärung der Kanalsysteme als blofse Naturprodukte nicht völlig gelingt, und ich möchte es wagen, entgegenzuhalten, dafs die Anführung von regelmäfsigen Figuren, welche die Natur sonst hervorgebracht hat, wie die Kugelgestalt der Planeten, den Ring des Saturn, die Krystalle etc., mir an dieser Stelle nicht für Analogieschlüsse ausreichend erscheinen will. Die Kugelgestalt der Planeten ist die Folge eines einfachen Naturgesetzes und als nothwendig unmittelbar zu begreifen. Die regelmäfsige Gestalt der Krystalle bleibt zwar wunderbar und vorläufig noch unerklärt, aber wir könnten aus ihr heraus es nur begreiflich machen, dafs auf anderen Weltkörpern entstehende Krystalle ähnliche Formen besitzen. Eine Ideenverbindung von diesen kleinen Gebilden zu der der Oberflächengestaltung eines Planeten hat doch wohl einen gar zu grofsen Weg zu machen, um als Analogieschlufs noch Geltung behalten zu dürfen. Topographische oder orographische Gestaltungen von solcher Regelmäfsigkeit auf weite Flächen hin treten auf der Erde durchaus nicht auf, auch ist keinerlei Tendenz zu einer derartigen Ausgestaltung in der Zukunft zu entdecken. Auf dem Monde zwar kommen regelmäfsige, geradlinige Gestaltungen vor, die bekannten Strahlensysteme. Deren Lagenverhältnisse sind aber aus einer einzigen Stofs- oder Druckwirkung völlig zu erklären, wieviel auch sonst daran noch unerklärlich bleiben mag. Aehnliches trifft für das Kanalsystem des Mars nicht zu. Wir sind also nicht in der Lage, diese seltsamen Gestaltungen mit irdischen Verhältnissen durch Analogieschlüsse in Verbindung zu bringen, wenn wir ausschliefslich Naturwirkungen voraussetzen.

Wenn wir nicht unser völliges Unvermögen eingestehen wollen, auch nur Wahrscheinlichkeiten über die Zustände des Mars vorbringen zu können, so sind wir auf die Annahme des Eingriffs intelligenter Wesen allein angewiesen. Aber es ist völlig begreiflich, dafs ernste und kritische Forscher sich zu einer solchen Annahme so schwer verstehen mögen, nicht etwa, weil sie die Möglichkeit der Existenz solcher Wesen auf anderen Himmelskörpern überhaupt für unwahrscheinlich erachteten, sondern weil in dieser scheinbar einheitlichen Annahme tausend und aber tausend Hypothesen versteckt enthalten

Digitized by Google

sind. Die Intelligenz, welche die Naturkräfte zu lenken gelernt hat, vermag eben beinahe alles, wenn wir nur ihre Wirkungen bei solchen idealen Annahmen genügend multipliziren. Man denke an den berühmten Ausspruch des Archimedes,[1]) welchen die Menschheit sicher schon längst wahr gemacht hätte, wenn ihr eben dieser Standpunkt aufserhalb der Erde gegeben worden wäre. Die Arbeit des Forschers aber sucht die Erscheinungen immer auf einfachere Ursachen zurückzuführen; die Annahme der Intelligenz komplizirt die Dinge, sie führt unzählbare neue Hypothesen ein. Nicht viel besser steht es mit dem Troste, welchen Flammarion und Andere angesichts gelegentlicher Probleme sich selbst geben, indem sie von unbekannten Naturkräften die Erklärung erhoffen. Sicherlich wird es solche geben, sie aber in unsere Betrachtungen einzuführen, hiefse eine vorliegende Hypothese durch eine noch vagere ersetzen.

Jedenfalls müssen wir, wenn wir uns schon der Annahme intelligenter Einwirkungen nicht erwehren können, die allereinfachsten Eingriffe solcher Wesen, die über unsern eigenen geistigen Horizont nicht wesentlich hinausragen, voraussetzen, falls nicht unsere Betrachtung ganz und gar in das Reich der Phantasie verwiesen werden soll.

Nun liegt aber die Herstellung so weit zergliederter Kanalsysteme, wie deutlich auch die Anlage des ganzen Netzes von der Zweckmäfsigkeit für den Verkehr intelligenter Wesen unter einander sprechen mag, wegen der ungeheuren Breite dieser Gebilde ganz aufserhalb des Horizontes der menschlichen Fähigkeiten, und aufserdem ist die Nothwendigkeit einer so ungeheuren Breite für uns wieder ganz unerfindlich.

Man möge es mir indefs am Schlusse dieser Betrachtungen gestatten, ein Bild davon zu entwerfen, wie unter bestimmten, hier deutlich zu markirenden, plausiblen Voraussetzungen alle diese Erscheinungen wenigstens in einen leidlich abgerundeten Zusammenhang gebracht werden können.

Die erste Voraussetzung ist, dafs Mars als Planet vielleicht älter, jedenfalls aber eben so alt wie die Erde ist; die zweite, dafs er aus nahezu denselben Stoffen besteht. Bei der wohl selbstverständlichen weiteren Voraussetzung, dafs dieselben Naturkräfte auf unserem Nachbarplaneten wirken wie bei uns, folgt dann hieraus, dafs sich auf Mars eine Vertheilung von Land und Wasser vorfinden mufs, dafs aber (wie bereits nach Flammarion angeführt wurde) die Er-

[1]) Da mihi punctum extra terram et terram movebo.

Digitized by Google

höhungen der Kontinente sich durch die Wirkungen des nivellirenden Wassers abgetragen und entsprechend auch die Meere verflacht haben. Denn da Mars kleiner ist als die Erde, müssen alle die Wirkungen der Naturkräfte, welche wir am Bau unserer Erde theilnehmen sehen, dort gegen die Erde vorgeschrittenere Stadien bis zur gegenwärtigen Epoche gezeitigt haben. Da wir ferner bei uns wahrnehmen, dafs das Wasser allmählich von dem Gestein absorbirt wird, so mufs auf Mars im Verhältnifs zur ganzen Oberfläche mehr Land und weniger Wasser existiren als auf der Erde. Dies wird durch die Beobachtung unter der Voraussetzung bestätigt, dafs eben jene Gebiete, die man bisher dafür hielt, wirklich Land sind. Die Pickeringsche Annahme, dafs es überhaupt nur zwei eigentliche permanente Meere dort giebt, während alle anderen Gebiete entweder dauernd oder zeitweise aus dem Wasser hervorragen, würde sogar auf eine sehr vorgeschrittene Wasserabsorption schliefsen lassen. Mit der Wasserabsorption geht auch die der Luft parallel; die Marsatmosphäre mufs also sehr dünn sein, was sich wiederum durch eine grofse Zahl von Beobachtungen bestätigt. Diese dünnere Atmosphäre läfst zunächst eine weit gröfsere Menge von Sonnenstrahlen auf die Marsoberfläche gelangen, wodurch mindestens zum Theil die wegen der gröfseren Entfernung des Mars von der Sonne geringere Gesamtintensität der Strahlung wieder ausgeglichen wird. Die Atmosphäre kann dadurch viel mehr Wasserdampf in sich aufnehmen, ohne dafs sich derselbe zu Wolken kondensirt. Es können höchstens leichte Schleier, cirruswolkenartige Gebilde, wie Schiaparelli glaubt, dort tagüber auftreten. Nachts wird dagegen sehr schnell ein Nebelschleier aufsteigen müssen, der die Ausstrahlung der von der Oberfläche eingesogenen Wärme verhindert. Wegen der notorisch geringen Wolkenbildung und der geringeren Menge Wasser überhaupt wird es also auf Mars auch in den Polargegenden viel weniger schneien als bei uns. Die im Winter gebildete Schneedecke ist deshalb nothwendig von bedeutend geringerer Dicke; es entsteht vielleicht zuweilen nur eine Art von Reifbildung, die über Nacht auftritt, dabei weite Gebiete weifs färbt und ebenso schnell, nach einer Sonnenbestrahlung von wenigen Tagen, wieder verschwinden kann. Die schnellen Veränderungen in der Ausdehnung des weifsen Polarfleckes sind hierdurch ganz ungezwungen erklärt. Immerhin aber werden, wenn sich jene Polarregionen auch nur mit etwa einer fufsdicken Schneedecke oder Reifschicht während des langen Winters überziehen, beträchtliche Wassermengen sich ansammeln, daselbst festgehalten und der sich in ihrem Sommer befind-

Digitized by Google

lichen Halbkugel entzogen werden. Diese Wassermengen müssen halbjährlich von einer zur anderen Halbkugel hin wandern und erzeugen dadurch die ausgedehnten Ueberschwemmungen, welche ja notorisch mit den Jahreszeiten kommen und verschwinden.

Nachdem wir uns diese Verhältnisse klar vorgestellt haben, wollen wir nun die Hypothese machen, Mars sei einstmals, zu einer Zeit, welche seinem schnelleren Lebenslaufe entspricht, mit intelligenten Wesen bevölkert gewesen, die unsere Kapazitäten besessen haben. Das ist, denke ich, eine Voraussetzung, welche man wohl machen darf, ohne sich dem Vorwurf der Leichtfertigkeit auszusetzen. Diese Wesen bemerkten, dafs das Wasser rar zu werden begann; sie legten deshalb zur Bewässerung der fruchtbringenden Landschaften Kanäle an in der Ausdehnung, wie wir es thun. Diese Kanäle verbanden die Flüsse mit einander selbst über die Wasserscheiden hinweg, welche die Zuflüsse der südlichen und nördlichen Meere von einander trennten; die Gebirge hatten sich ja ohnedies abgeflacht. Nun sieht man auf jeder Marskarte, dafs rings um den Aequator herum sich ein zusammenhängender Gürtel schliefst, so dafs das Nord- und Südmeer nur durch die gegenwärtig wahrgenommenen so ungeheuer breiten Kanalsysteme mit einander in Verbindung stehen. Wir nehmen an, dafs diese Verhältnisse damals, als die Marsbewohner jene verbindenden Kanäle zwischen den Flufssystemen schufen, bereits ähnliche waren. Der Wasseraustausch während der sommerlichen Schneeschmelze von einer zur anderen Halbkugel konnte also nur durch die Flüsse und diese neu geschaffenen Verbindungskanäle stattfinden. Vielleicht wurden sie eben gerade in dieser Absicht gebaut, um den überhand nehmenden Ueberschwemmungen einen Abflufs zu schaffen. Nun aber wurden durch das halbjährliche Hin- und Herwogen dieser Schmelzwasser in den Kanälen resp. Flüssen die ohnehin seichten Ufer immer mehr ausgewaschen. Die Marsbewohner regulirten zwar, soweit es ging, die Flufsläufe und gaben ihnen eine gerade Richtung; aber auf die Dauer war es doch nicht möglich, den rastlos arbeitenden Naturgewalten Einhalt zu thun; die Kanäle verbreiterten sich mit den Jahrtausenden mehr und mehr, bis sie ihre heutige Ausdehnung annahmen. So bietet also die ungeheure Breite der Kanäle, welche nach dieser Ansicht durch die Natur allein erzeugt worden ist, unter dieser einzigen Annahme keinerlei Schwierigkeiten mehr, dafs intelligente Wesen von unseren Kapazitäten die Naturkräfte in die von ihnen gewünschten Bahnen gelenkt haben.

Die Verdoppelungen der Kanäle bleiben allerdings unter diesen

Digitized by Google

Voraussetzungen immer noch ein Räthsel. Hätten nicht nach Schiaparellis eigenen Angaben 8 bis 10 Beobachter diese Verdoppelungen unabhängig von einander wahrgenommen, so möchte man wahrlich an der Thatsache der Wahrnehmung selbst zweifeln. Es scheint schliefslich, dafs ihre Ursache in gewissen eigenthümlichen optischen Erscheinungen der Marsatmosphäre zu suchen ist, welche nur bei einem bestimmten meteorologischen Zustande derselben auftreten. Wieviel wunderbare Lichterscheinungen haben nicht bei uns ihren Ursprung in jenen höchsten Regionen unseres Luftkreises, deren Zustand mit der Marsatmosphäre soviel Aehnlichkeit bietet. Bekanntlich sind die Quelle der meisten dieser Erscheinungen unsere Cirruswolken, deren Vorhandensein man auch auf dem Mars voraussetzen mufs. Aber alle auf ähnlichen Voraussetzungen basirenden Erklärungsversuche sind ungenügend geblieben.

Genug, dafs wir unter den hier noch einmal zu wiederholenden Voraussetzungen:

1. dafs Mars als Planet in einem vorgeschritteneren Lebensstadium sich befindet als die Erde,
2. dafs die ihn zusammensetzenden Stoffe und die dort wirkenden Naturkräfte im allgemeinen ähnliche Resultate hervorbrachten wie auf der Erde,
3. dafs die reine Atmosphäre des Mars insoweit eine stärkere Sonnenbestrahlung seiner Oberfläche zuläfst, dafs die geringere Gesamtmenge der zufliefsenden Wärme gegenüber der Erde für die Wirkung auf seiner Oberfläche nahezu kompensiert wird,
4. dafs intelligente Wesen von unseren Fähigkeiten zu irgend einer vergangenen Epoche auf dem Mars gelebt haben,

alle Wahrnehmungen bis in die Details hinein, mit einstweiligem Ausschlufs der allerneuesten, der Verdoppelungen, die noch nicht genügend studirt worden sind, ungezwungen erklären können. Es hängt also vom Leser ab, ob er diese vier Voraussetzungen, welche nicht bewiesen werden können, acceptieren will oder nicht. Mit ihrer Annahme lesen wir heute vom Himmel die Zeichen brüderlicher Intelligenz ab, welche von den Naturkräften, die der Geist immer mehr und mehr in seinen Dienst zwingt, wohlthätig so vergröfsert wurden, dafs sie von Bruder- zu Bruderplanet hinüberwinken und uns ermuthigen zu immer neuen und gröfseren Unternehmungen, welche der Wohlfahrt der Allgemeinheit dienen.

Man möge es mir gestatten, diesen Artikel mit den schönen

Digitized by Google

Worten Schiaparellis zu schliefsen, welche sich an solche Betrachtungen knüpfen:

„In Frankreich hat die durch Flammarion hervorgerufene Anregung der Gemüther aufserordentliche Wirkungen hervorgebracht. Dort sind allen Ernstes ungeheure Summen ausgesetzt worden als Belohnung für denjenigen, welcher zuerst durch unmittelbare Beobachtung beweisen wird, dafs auf einem Gestirne sichere Zeichen des Vorhandenseins intelligenter Wesen existiren. In Amerika und in Frankreich ist man mit der Konstruktion neuer Fernrohre von ungewohnter Kraft beschäftigt, deren Kosten sich auf Millionen belaufen werden. Unter den vielen Zeichen unserer Zeit giebt dieses wenigstens uns ein Recht, Gutes von der Zukunft zu hoffen. Die Aengstlichkeit, mit welcher viele in das Dunkel der Zukunft schauen, scheint mir in keiner Beziehung gerechtfertigt. . . ."

„Es ist nicht wahr, dafs dem gegenwärtigen Zeitalter mehr als der Vergangenheit ideale Bestrebungen fehlen. Das 19. Jahrhundert kann mit Stolz auf seine Leistungen blicken; seine Stellung in den Annalen des menschlichen Fortschritts wird keine ruhmlose sein. Unter Aufwand heroischer Opfer und unglaublicher Anstrengungen hat es die Erforschung der ganzen Erdoberfläche unternommen, deren Karte nur noch wenige Lücken aufweist. Durch tieferes Eindringen in das Innere unseres Planeten hat es die Geschichte der Umwälzungen, denen er unterworfen war, erkannt und ungezählte Generationen, welche ihn während Millionen von Jahren bevölkerten, aus ihrem Grabe auferstehen lassen. Das Studium der Archäologie, der Ethnographie und der Philologie hat die wahren Adelsbriefe des menschlichen Geschlechts aufgefunden und die ersten Produkte seiner Kultur ans Tageslicht gebracht. Durch Vereinigung zahlreicher geduldiger und unermüdlicher Beobachter ist das Studium der Atmosphäre und ihrer Gesetze begonnen worden, dessen Fortsetzung eine der gröfsten Aufgaben des zwanzigsten Jahrhunderts bilden wird. Aber alles dies genügte noch nicht. Nachdem das Studium des Himmels, der Erde und der Naturkräfte in der von früheren Jahrhunderten begonnenen Weise fortgesetzt worden war, wurde die Chemie der Gestirne entdeckt, von der auch nur zu sprechen früher wie ein Wahnsinn erscheinen mufste. Und jetzt streben wir nach höheren Zielen und beginnen sorgfältig umherzuspähen, ob nicht aus den Tiefen des Weltalls ein Zeichen der Sympathie, ein Brudergrufs zu uns hernieder kommen könne. Und um ein Anzeichen davon zu erhalten, sind wir bereit, für ein einziges Teleskop gröfsere Summen zu opfern, als sie alle früheren Jahrhunderte

Digitized by Google

zusammen zu Gunsten reiner Wissenschaft gestiftet haben. Das ist nur einer unter so vielen grofsen, edlen und, man könnte sagen, dichterischen Zügen, unter welchen sich dieses Jahrhundert der unparteiischen Nachwelt zeigen wird, — ein Jahrhundert, welches dem einseitigen Beobachter vorzugsweise ein Zeitalter der Prosa, des Eigennutzes, einer rohen, materialistischen Geistesrichtung zu sein scheint. Wir sind besser, als wir zu sein glauben; gerade der Umstand, dafs wir nicht ganz mit uns zufrieden sind, ist ein Zeichen des Fortschritts und der Kraft.“ —

Digitized by Google

Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.

Von **F. K. Ginzel**, Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

VI.

Kosmogonie der Sterne, Nebel, der Veränderlichen, Doppelsterne und Meteoriten. — Schlufsbemerkungen.

(Schlufs.)

Die Ansichten, wie sich die Sterne gebildet haben mögen, sind zum Theil schon in den Darlegungen unserer früheren fünf Aufsätze enthalten. Wir haben schon hervorgehoben, dafs nach den Hypothesen von Herschel, Newcomb und Faye die Vorstufe der Sterne von den Nebelflecken repräsentirt wird. Die sonst gewöhnliche Ansicht, dafs die Nebelflecke durch den Verdichtungsprozefs des Urstoffes (bei Faye durch wirbelartige Bewegungen) erzeugt worden sind, theilt Ritter in seinen schon mehrfach zitirten Untersuchungen nicht. Gemäfs seinen Rechnungen würde bei dem grofsen Volumen der Nebelflecke und der jedenfalls sehr geringen Dichte derselben ein blofser Verdichtungsvorgang nicht ausgereicht haben, um hinreichend Wärme bis zum Glühen der Nebel hervorbringen zu können; man müfste denn annehmen, dafs Nebelflecke existiren, die mehr als das tausendfache der Sonnenmasse betragen. Ritter ist deshalb geneigt, den Glühzustand der Nebel durch den Zusammenstofs ausgedehnter kosmischer Wolken zu erklären, welche beim Beginne ihrer gegenseitigen Annäherung bereits eine gewisse interstellare Anfangsgeschwindigkeit gehabt haben. Bei zwei Massen von der Gröfse unserer Sonne und der Dünne der Luft würde ein zehntausendfaches Wärmequantum hervorgerufen werden können, wenn die Anfangsgeschwindigkeit beider $6^3/_4$ Meilen pro Sekunde betrug. Die Entstehung solcher Geschwindigkeiten hält Ritter auf Grund seiner Untersuchungen über kugelige Sternhaufen für möglich.[1]) Dieser Hypothese zufolge würden also die

[1]) Die Entstehung der Sonne selbst wird durch Ritter, wie im dritten Aufsatze bemerkt wurde, auf den Zusammenstofs kosmischer Wolken zurückgeführt.

Digitized by Google

Nebelflecke Gasmassen sein, die eine sehr geringe Dichte und einen grofsen Ueberschufs an Wärme besitzen. Letztere bedingt ein stetiges Wachsen des Volumens und diese Expansion eine Abnahme der inneren Wärme; die Leuchtkraft der Nebel müfste daher im Laufe der Zeiten abnehmen.

Für die weitere Entwickelungsgeschichte der Sterne aus den Nebeln kann man die im fünften Aufsatze auseinandergesetzten fünf Stadien des Prozesses gelten lassen, nämlich die Zustände der gasförmigen und glühendflüssigen Konstitution, die Perioden der Schlackenbildung, der Eruptionen und der vollständigen Erkaltung. (Zöllner.) Nach Ritter hat man aber betreffs der Dauer dieses Ausbildungsprozesses sehr darauf Rücksicht zu nehmen, ob es sich um die Kontraktion sehr grofser oder sehr kleiner Massen handelt. Im allgemeinen ist zwar die Kontraktionsgeschwindigkeit ungefähr der Masse des Körpers proportional, kann aber bei Fixsternen, die beträchtlich gröfser sind als die Sonne, dementsprechend verschieden sein. Die Abkühlungsdauer eines Fixsternes beispielsweise, dessen Masse achtmal so grofs ist als die Sonnenmasse, kann man auf mehr als die doppelte Zeit veranschlagen, welche die Sonne braucht. Ritter illustrirt die von ihm gefundenen physikalischen Sätze am Sirius, dessen Masse er 13,8 mal so grofs als die Sonnenmasse annimmt. Bevor der Stern zum Beginn der Abkühlung gelangen kann, mufs er den Kulminationspunkt der Wärmeausstrahlung erreichen. Diese Uebergangsperiode ist für die Sonne einige Millionen Jahre, müfste sich aber für einen Stern wie den Sirius schon in einigen hunderttausend Jahren vollziehen. Ritter weist auch darauf hin, dafs in dieser Epoche der Stern, von der Erde aus gesehen, eine Veränderung seiner Farbe zeigen mufs. Alten ägyptischen Berichten nach soll der Sirius thatsächlich im Alterthum eine mehr röthliche Färbung gehabt haben. Ritter berechnet die Dauer des Ueberganges von der rothen zur heutigen bläulichweifsen Farbe dieses Sternes auf 2040 Jahre; die Oberflächentemperatur des Sirius wäre vor dieser Zeit um 20 pCt. kleiner gewesen und hätte gegenwärtig die Oberflächentemperatur der Sonne um 37 pCt. überschritten; diesen Temperaturveränderungen würde die Variation der Farbe entsprechen. Nach seinen Hypothesen würde weiterhin die Intensität der blauen Farbe des Siriuslichtes bedeutend zunehmen, da die Oberflächentemperatur gegenwärtig noch lange nicht den ihr in Anbetracht der Masse des Sternes zukommenden Maximalwerth erreicht hat. Die Sterne also, welche eine beträchtlich gröfsere Masse besitzen als die Sonne — und deren sind am Himmel gewifs nicht wenige — würden zur Absol-

Digitized by Google

virung der Hauptstadien ihres Entwickelungsprozesses sehr grofse Zeiträume beanspruchen. Haben sie das Maximum ihrer Oberflächentemperatur einmal erreicht, so wird die Abkühlungsepoche, die Zeit des Zurücksinkens von der bläulich-weifsen Strahlung zum rothen Lichte, auf hunderte Millionen Jahre geschätzt werden dürfen. Bei jenen Massen, welche die Sonne bei weitem übertreffen, würde die anfängliche dynamische Kontraktion (man vergleiche hierüber unseren fünften Aufsatz) sehr rasch erfolgen, aber bald einer langsamen Kontraktion Platz machen. Die ganze Erscheinungsdauer eines Fixsterns, welcher der Sonne an Masse gleichkommt, schätzt Ritter auf 58 Millionen Jahre, wovon etwa 16 Millionen Jahre auf die Nebelfleckperiode, 4 Millionen Jahre auf die zwischen dem Kulminationspunkte der Wärmestrahlung und jenem der Oberflächentemperatur liegende Periode der mit Temperaturzunahme verbundenen statischen Kontraktion, und etwa 38 Millionen Jahre auf den der Fortdauer des Leuchtens entsprechenden Theil der Abkühlungsepoche zu rechnen sein würden.

Diesen Betrachtungen über die Entwickelungsdauer der Sterne, welche sich übrigens nur auf rein theoretischen Grundlagen aufbauen und mit Hilfe einiger plausibler Annahmen abgeleitet sind, möchten wir die Hypothesen über die veränderlichen Sterne anschliefsen. Das Licht dieser Sterne schwankt bekanntlich innerhalb gewisser Perioden auf und ab und bei manchen Sternen in einer sehr regelmäfsigen Weise. Klinkerfues[2]) erklärte diese Veränderlichkeit des Glanzes, indem er annahm, diese Sterne wären einander sehr nahe stehende Doppelsterne, die uns im Fernrohre als einfach erschienen. Die gegenseitige Anziehung erzeuge in den die Sterne umgebenden Atmosphären bedeutende Ebbe- und Flutherscheinungen, durch welche die Absorption der Atmosphären periodisch verändert würden, und die Folge dieser Veränderlichkeit der Absorption sei die Variabilität des Sternlichtes. Zöllner[3]) zog die bei der Bildung der Sterne auftretende Periode der Schlackenniederschläge zur Erklärung heran, indem er sie mit der Rotation der Sterne in Verbindung brachte. Auf einem noch glühendflüssigen Sterne würden die Schlackenschollen infolge des Umschwunges des Sterns von den Polen aus zum Aequator schwimmen, jedoch nicht in der Richtung eines Meridianes, sondern, da sie dabei in Gegenden von gröfserer reeller Geschwindigkeit gelangen, in einer der Rotation entgegengesetzten Richtung, und würden

[2]) Nachrichten d. Königl. Ges. d. W. Göttingen. 1865.
[3]) Photom. Untersuch. § 76.

Digitized by Google

sonach seitlich verschoben werden. Hierdurch käme es in den Schlackenfeldern zu Stauungen, gröfsere Theile der Sternoberfläche blieben ganz frei, während andere von weit hinreichenden Krusten bedeckt würden; der Sternumschwung zeigt uns dann, je nachdem uns die dunklen Flächen oder die schlackenfreien zugewendet sind, eine Periode des Lichtes. Gyldén[4]) korrigirt diese Hypothese, indem er darauf hinweist, dafs weniger die Rotation, als vielmehr die bei werdenden Sternen wahrscheinlich sehr bedeutende Schwankung der Rotationsaxe zur Trägheitsaxe die Ursache der Verschiebungen der Schlackenfelder sein dürfte. Diese Hypothese würde auch den sehr unregelmäfsigen Lichtwechsel mancher Veränderlichen erklären. Bei den regelmäfsig Periodischen kann man sich nach Bruns[5]) mit der Vorstellung einer ungleichen Oberflächenbeschaffenheit des Sternes, der gleichförmig um eine feste Axe rotirt, begnügen und braucht nicht, wie Pickering, zeitweilige Verfinsterungen des Sternes, hervorgerufen durch den Umlauf eines dunklen Begleiters oder Meteorschwarmes, anzunehmen. Die plötzliche Zunahme der Helligkeit eines sonst im Lichte unveränderlichen Sternes oder das Auftauchen eines neuen bisher dunklen gehört nach Zöllners Entwickelungsphasen der Sterne in die vierte Epoche, in die der Eruptionen. Infolge einer bedeutenden Steigerung des Druckes des flüssigen Innern gegen die dünne Kruste finden Durchbrüche, begleitet von heftigem Emporschnellen der Oberflächentemperatur und damit verbundener vermehrter Lichtemission, statt. Es können aber auch Katastrophen anderer Art, wie man aus einigen neuestens beobachteten Fällen (dem neuen Stern im Andromeda-Nebel und dem Stern im „Fuhrmann") geschlossen hat, Anlafs geben, solche Lichterscheinungen zu erzeugen, z. B. das Zusammenstofsen von Sternen in einem Sternhaufen oder das Eindringen eines Weltkörpers in eine meteoritische Staubwolke. — Im dritten Aufsatze haben wir auf die Ergebnisse Ritters hingewiesen, nach welchen bei einer im Gleichgewichtszustande befindlichen Gaskugel zwei verschiedene Bewegungsursachen, und zwar abwechselnde Kontraktion und Expansion, eine besondere Entwickelungsphase hervorbringen können, nämlich den Zustand der Pulsation. Ritter erachtet es für zulässig, die Variabilität der Lichtstärke der „veränderlichen" und „neuen" Sterne aus jener in abwechselnden Zusammenziehungen und Ausdehnungen, also aus der in periodischen Temperaturwechseln bestehenden Epoche, zu er-

[4]) Sur la théorie mathématique des changements d'état des étoiles variables (Comptes rendus t. 84.)

[5]) Monatsber. d. Berliner Akad. d. W. 1881.

Digitized by Google

klären. Nach dieser Hypothese würde ein Schwanken der Lichtstärke bei Fixsternen nur in der Zeit vorkommen können, wo dieselben noch der Pulsation unterliegen, wo sie also noch keine grofse Dichtigkeit erlangt haben, d. h. in dem Jugendalter der Sterne. Das plötzliche Auftauchen der „neuen" Sterne würde sich aus der grofsen Länge der Pulsationsperioden mancher Sterne erklären lassen.[6]) Den Anlafs zur Bildung einer Gaskugel, aus der sich der Stern allmählich entwickelt, können die schon früher (im 3. Aufsatze) beschriebenen Zusammenstöfse zweier oder mehrerer Weltkörper geben. Die bei einzelnen Veränderlichen vorkommenden grofsen Unregelmäfsigkeiten möchte Ritter Abweichungen zuschreiben, welche durch eine ungleiche Aenderung der Dichte (Abirren vom isoplerischen Zustande) hervorgerufen werden.

Ritter hat auch (19. Abhandlg.) darauf aufmerksam gemacht, dafs den Meteoriten oder Meteorschwärmen einige Bedeutung in betreff des Leuchtens der Sterne und der Nebel zukommen kann, da diese Körper viel höhere Temperaturen erreichen können, als man bisher vorausgesetzt hat. (Man vergleiche hierüber unsern dritten Aufsatz.) Die Meteoriten können als fördernde, wie als störende Ursachen der Leuchtkraft mancher Gestirne auftreten. Ritter möchte sogar zu der Ansicht neigen, dafs ohne die Meteoritenfälle mehrere Erscheinungen an Weltkörpern überhaupt nicht für uns sichtbar werden würden. — Zu einer wahrhaft universellen Herrschaft hat der berühmte Spektralanalytiker Lockyer die Meteoriten zu erheben versucht.[7]) Geleitet durch bekannte Uebereinstimmungen einiger Meteorschwärme mit der Lage von Kometenbahnen und namentlich gestützt auf verschiedene angebliche Analogieen in den Spektren der Kometen, Nebelflecke und Meteoriten, erklärt er die Entstehung der Nebel durch die Kollisionen von Meteoriten; je nachdem die Bahnen, in denen letztere um ein Gravitationszentrum laufen, mehr oder minder excentrisch sind, entsteht eine gleichmäfsig leuchtende Wolke (kugelförmige Nebel), ein zusammengedrängter Haufe mit leuchtendem Kerne (Kernnebel, Nebelsterne) oder eine durch den Ineinandersturz zusammengebackene glühende Masse (Fixsterne). Die veränderlichen Sterne wären lose Massen, um welche Meteorschwärme kreisen und hierdurch den Lichtwechsel hervorbringen. Die irregulären Variablen bedürfen mehrerer solcher Schwärme, oder sie sind das Resultat des Eindringens

[6]) Die Pulsationsdauer unserer Sonne betrug nach Ritter 340 Jahre.

[7]) J. N. Lockyer: The Meteoritic Hypothesis, a statement of the results of a spectroscopic inquiry into the origin of cosmical systems. — London 1890.

Digitized by Google

von Meteoriten in Sternsysteme. Auch die „neuen“ Sterne bilden sich beim Aufeinandertreffen von Meteoritenschwärmen. Diese kühne Hypothese bedarf jedenfalls noch mancher Diskussion, bevor sie festen Boden finden kann. In Beziehung auf die Mechanik kann sie, den Bemerkungen G. H. Darwins zufolge, zugestanden werden, und jedenfalls mögen einige ihrer Zweige. wie verwandte Anschauungen Ritters bekräftigen, richtig sein. Allein die weitgehende Identifizirung der Spektren der verschiedenen Klassen der Himmelskörper seitens Lockyers erfreut sich keineswegs derzeit schon des allgemeinen Beifalls der Spektralanalytiker, so dafs die Hypothese in der Allgemeinheit und Ausdehnung, in der sie uns dargeboten wird, nicht annehmbar erscheint.

Zum Schlufs soll noch eine neue Hypothese über die Entstehung der Doppelsterne berührt werden, welche der Amerikaner T. See*) aufgestellt hat. Dieselbe nimmt die Darwinsche Gezeitentheorie zu Hilfe, und da wir diese im vierten Aufsatze auseinandergesetzt haben, können wir uns über die Hypothese kurz fassen. Die mathematische Untersuchung der Gleichgewichtsfigur rotirender Flüssigkeitsmassen ergiebt, dafs ein dreiachsiges Ellipsoid, wenn die Rotationsgeschwindigkeit gewisse Grenzen überschreitet, eine birnförmige Gestalt (Apioid, Fig. 1) annimmt und sich schliefslich in zwei Körper trennt. Solche Fälle können bei der Kontraktion der wahrscheinlich zumeist homogenen Nebelflecke vielfach eingetreten sein. Die Spaltungen in zwei Massen wären dann immer in gewissen komparablen Verhältnissen erfolgt. Die Doppelnebel, von welchen die Figur 2 ein Beispiel giebt, mögen auf diese Weise entstanden sein. Die abgelöste Masse beschreibt zunächst um den Mutterkörper eine kreisrunde Bahn. Wenn die Axendrehung vermöge der Kontraktion schneller wird als der Umlauf, beginnen die Gezeitenwellen ihren Reibungswiderstand fühlbar zu machen. Allmählich gewinnt die Gezeitenreibung den Haupteinflufs auf die grofse Axe der Bahn des Nebenkörpers und fährt fort, die Exzentrizität dieser Bahn bis auf ein Maximum zu steigern; darauf findet ein langsamer Rückgang der Exzentrizität statt, der sein Ende wahrscheinlich erst erreicht, wenn die beiden Körper dunkel

Fig. 1. **Entstehung des Apioids aus einem Rotationsellipsoid.**

*) Die Entwickelung der Doppelsternsysteme. Inaugural-Dissertation. Berlin 1893.

Digitized by Google

geworden sind, da dann keine Kontraktion mehr möglich ist. Dann kehren beide Sterne einander dieselben Flächen zu und kreisen fernerhin wie ein starr verbundenes System um einander. See hat seine mathematischen Ergebnisse auf ein fingirtes Beispiel, jedoch unter plausiblen Prämissen, angewendet. Die umstehende Figur 3 zeigt die beiden mit einer Abplattung von 0,4 versehenen umeinanderkreisenden Flüssigkeitssphäroide in der Entfernung von 30 astronomischen Einheiten. Unter annehmbaren Bedingungen für die Dichte der Körper ergiebt sich, dafs die halbe grofse Axe von 30 auf 49,388 Einheiten wächst, während die Exzentrizität sich bis auf 0,57 steigert — in der That, ein eindringliches Beispiel der Wirkung der Gezeitenreibung. See findet, dafs die mittlere Exzentrizität der bisher bekannten Doppelsternbahnen 12 Mal gröfser ist als die mittlere Exzentrizität unseres Planetensystems, nämlich 0,45, was mit der durch das erwähnte Beispiel illustrirten Wirkung der Gezeiten auf die Exzentrizität der Doppelsternbahnen im Einklange stände.

Fig. 2. **Doppelnebel.**

Wir haben in diesen Aufsätzen eine bedeutende Zahl von kosmogonischen Ansichten dargelegt und uns bezüglich des wissenschaftlichen Werthes derselben auf wenige kritische Bemerkungen beschränkt. Es wäre nun noch ein allgemeineres Urtheil über jene Ansichten vorzutragen. Hierzu sind zuvor einige Erörterungen über den Fortschritt der astronomischen Erkenntnifs und das Wesen der Hypothesen nöthig.

Ein halbwegs aufmerksamer Blick auf das Arbeitsfeld und die Arbeitsmethoden der heutigen Astronomie zeigt, dafs die Zeiten, in welchen grofse Ideen einen Fortschritt anbahnen konnten, ohne dafs ihnen grofse zu leistende Arbeit vorhergehen mufste, vorüber sind. Heutzutage spielen Beobachtungen, rechnerische und mathematische Untersuchungen die Hauptrolle, die Hypothesen treten viel bescheidener zurück als ehemals. Dies ist aus der fortschreitenden Vertiefung der einzelnen Spezialgebiete erklärlich. Die Schwierigkeiten, die verschiedenen astronomischen Erscheinungen richtig zu erklären, zwingen uns unabänderlich, zunächst die Hauptarbeit auf möglichste Vergröfse-

Digitized by Google

rung der Zahl der Beobachtungen zu richten; erst wenn diese derartig gewachsen ist, dafs sich die Aussicht eröffnet, die Wahrnehmungen durch eine verbindende Voraussetzung gemeinsam zu deuten, tritt irgend eine Hypothese in den Vordergrund. Diese Hypothese leitet eine Zeit lang die Forschung, bis die unveränderlich fortgesetzte Beobachtungsarbeit Thatsachen an derselben Erscheinung zu Tage gefördert hat, die sich mit der Hypothese nicht mehr vertragen; die Idee wird dann entweder modifizirt, oder es tritt eine ganz andere an deren Stelle. Auf diese Weise, nämlich indem eine fortwährende Vergleichung der beobachteten Erscheinungen mit den Konsequenzen der Hypothese stattfindet, also die Idee als blofse Leitung benützt wird, nähern wir uns allmählich der Wahrheit. Jeder Ideensprung, beispielsweise der Versuch, die Thatsachen der Idee anpassen zu wollen und nicht die Idee den Thatsachen, rächt sich alsbald. Auf diese Weise ist der moderne astronomische Fortschritt in Hinsicht auf Erklärung der Einzelgebiete, zum Beispiel der Natur der Kometen, des Wesens des Sonnenkörpers, ein zwar langsamer aber sicherer. Er ist längst nicht mehr wie früher mit wilden Spekulationen in Verbindung, sondern bewegt sich zwischen Ufern, deren Begrenzung sicher gestellt ist. In der modernen Kosmogonie ist von einem ähnlich gestalteten Vorgehen bei der Erforschung des Zusammenhanges der Dinge bisher wenig zu bemerken. Man sollte im Hinblick auf die aus den anderen astronomischen Gebieten kommende Warnung zur Vorsicht in den Schlüssen zum mindesten erwarten dürfen, dafs das Vergleichen der Voraussetzungen mit den faktischen im Kosmos stattfindenden Verhältnissen sorgfältig durchgeführt wird, und, wo sich keine Uebereinstimmung findet, eine Prüfung der Hypothesen vorgenommen werde. Thatsächlich hat aber eher das Entgegengesetzte statt: entweder werden die aus den Hypothesen folgenden Vorgänge gewaltsam verkehrt, damit sie den Beobachtungen genügen sollen, oder es werden aus den letzteren nur solche hervorgesucht, die sich aus den Hypothesen ableiten lassen, die dagegen sprechenden Beobachtungen aber

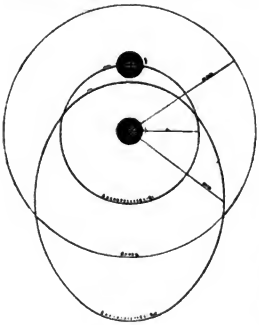


Fig. 3.

Digitized by Google

todtgeschwiegen. Man mufs manche Kosmologen recht bei der Arbeit sehen, z. B. bei der Beantwortung der Frage nach der Entstehung der charakteristischen Gebilde der Mondoberfläche, mit welcher Fixigkeit sie da alles erklären. Nirgend sehen sie Schwierigkeiten, und keinem kommt die Erinnerung ins Gedächtnifs, dafs wir trotz der Bereicherung der Topographie des Mondes durch Beer und Mädler, Schmidt, Lohrmann und Neison in Beziehung auf eine wissenschaftliche Vergleichung der Erde und des Mondes, also in Beziehung auf die Basis für jene Frage und die daraus zu ziehenden Schlüsse, derzeit noch kaum die ersten Grundlagen gewonnen haben. Nur in dem einen Punkte stimmen die Herren miteinander überein, dafs jeder die Theorie des Anderen für unhaltbar erklärt. Ebenso häufig ist in der modernen Kosmogonie die Erscheinung, dafs irgend eine beobachtete Thatsache, die an sich nur eine untergeordnete Bedeutung hat, übertrieben und den Erklärungen zu Grunde gelegt wird, wodurch die Hypothese auf Einseitigkeit geräth.[9]) Dies ist z. B. der Fall bei Nordenskjölds Meteorhypothese, bei Lockyers Evolutionstheorie. Vielfach sind die Mifsverständnisse in der Anwendung der Gesetze der Mechanik, beispielsweise bei Friedrich Weifs, Kerz u. A. Am allerhäufigsten sind rein hypothetische Voraussetzungen, auf welchen die weitgehendsten Schlüsse gegründet werden, z. B. bei Braun die Kollisionen und die dadurch bewirkte Rotation der Sonne; bei Schmick die Pendelbewegungen des Mondes u. s. w.

Verbinden sich solche zweifelhaften Grundlagen untereinander, so kann man das darauf erbaute Gebäude trotz aller sogenannten von den Urhebern der Hypothesen beigebrachten Beweise, Rechnungen u. s. w. nur mit Mifstrauen betrachten. Es ist in neuerer Zeit in dieser Hinsicht auf dem Gebiete der Kosmogonie entschieden besser geworden, dadurch, dafs man versucht hat, einzelne Hypothesen mathematisch zu behandeln. Indessen kann auch eine solche Verfolgung

[9]) Voreingenommener oder tendenziöser Standpunkt kann bei der Ableitung der Konsequenzen einer Hypothese zu wunderlichen Schlüssen führen. Ein Beispiel hiervon giebt Braun in seiner Kosmogonie. Da für ihn die Uebereinstimmung der Bibel mit wissenschaftlicher Forschung eine wichtige Sache ist, so mufs er nicht nur die Erde zu Grunde gehen lassen, sondern auch das Menschengeschlecht. Um dies in möglichst sicherer Weise zu thun, greift er zu den als Scharfrichter der bösen Menschheit längst von der Wissenschaft abgethanen Kometen, läfst durch den Zusammenstofs der Erde mit einem solchen das Festland überschwemmen, die Werke des Fleifses durch Stürme vernichten; die Menschen verbrennen und ersticken in der Hitze des Kometen, und auf die wenigen Leute, die von diesen Schrecknissen ungeschoren bleiben, regnet es Blausäure aus dem Kometen.

Digitized by Google

der Sache durchaus noch nicht vor verfehlten Schlüssen schützen; denn nothwendiger Weise müssen solchen Untersuchungen bestimmte Voraussetzungen zu Grunde gelegt werden, und wir haben keine Garantie, dafs diese Bedingungen mit den thatsächlichen Verhältnissen der Entwickelung zusammengetroffen sind. So konnten die Untersuchungen von Roche, G. H. Darwin, Ritter, Hirn, See, Saalschütz[10]) nur unter gewissen Voraussetzungen ausgeführt werden und hängen betreffs der Schlufsresultate von der Richtigkeit der letzteren ab. Der Werth der Arbeiten dieser Mathematiker für die Kosmogonie besteht aber in der logischen Durchführung und Ableitung der Konsequenzen, die aus einem acceptirten Grundgedanken folgen. Finden wir mit der Zeit aus Beobachtungen der Verhältnisse im Kosmos, dafs die Grundannahme in der gröfseren Zahl der Fälle thatsächlich zutrifft, so ist die Richtigkeit der Hypothese gesichert. So befremdend manche Folgerungen Darwins aus dem Verhalten eines viskosen Ellipsoides, oder Ritters Schlüsse aus dem adiabatischen Gleichgewichte einer Gaskugel erscheinen, so wäre es doch kein wissenschaftlicher Rückschritt zu nennen, wenn man diese Resultate späterhin bestreiten müfste; vielmehr läge dann nur der Beweis vor, dafs die Grundannahmen nicht zutrafen, und es wäre dies an die Wissenschaft eine Aufforderung, nach einer wahrscheinlicheren Basis zu suchen. — Aus dem mifslichen Umstande, dafs die logische Behandlung kosmogonischer Probleme meist nur ein unsicheres Resultat ergeben kann, welches zu der Mühe der mathematischen Durcharbeitung in keinem Verhältnisse steht, erklärt sich auch, dafs die Mehrzahl der astronomischen Fachleute dem Gebiete der Kosmogonie fern bleibt, ja dafs der gröfste Theil derselben dieses Terrain vorsichtig vermeidet. Die Astronomen finden in den auf verbürgten Wegen sicher erlangbaren Resultaten der beobachtenden und rechnenden Astronomie reiche wissenschaftliche Befriedigung und ziehen mit Recht die positive Arbeit jeder Spekulation vor. Aber hierdurch räumen sie einer Unzahl von Leuten das Feld, welche sich häufig mit unzureichenden Kenntnissen auf das so schwierige Gebiet der Kosmogonie stürzen und es zu einem Tummelplatze ihrer Hypothesen machen. Das der Astronomie ferner stehende, gebildete Publikum, dem durch unsere populäre Litteratur vornehmlich nur Resultate geboten werden, und

[10]) Die mathematische Untersuchung der Kant-Laplaceschen Nebularhypothese von Seiten dieses Autors haben wir früher nicht besonders erwähnt; sie beschäftigt sich mit den für diese Hypothese gegebenen Möglichkeiten im allgemeinen. (Königsberger Ges. d. W. Bd. 28.)

Digitized by Google

welchem die Anforderungen an strenge wissenschaftliche Arbeit nothwendiger Weise nicht bekannt sind, sieht dann allzusehr in den reichlich auftauchenden kosmogonischen Brochuren und Essais der Gegenwart wirklichen Fortschritt, während diese Elaborate nur zu oft mit jenem nichts zu thun haben.[11])

Aus allen diesen Erörterungen folgt, dafs es auf dem Gebiete der Kosmogonie viel schwieriger als in den anderen astronomischen Spezialfächern ist, die Frage direkt zu beantworten, welche der Theorien einen bleibenden Werth für unsere Vorstellungen über die Entwickelung der Gestirne haben. Unsere Ansichten über den Ausbildungsprozefs der Weltkörper scheinen richtig zu sein, da Zöllner und Ritter auf wesentlich verschiedenen Wegen, durch Photometrie und mathematisch-physikalische Betrachtung, zu im ganzen sich deckenden Resultaten gelangen, mit welchen überdies die spektralanalytische Forschung übereinstimmt. Zweifelhafter ist schon, ob die Kant-Laplacesche Theorie gegenwärtig immer noch ein ausreichendes Fundament für die Erklärungen bietet. Die Grundlagen dieser Theorie gelten gewifs noch für lange Zeit, dagegen läfst sich nicht behaupten, dafs die Mechanik der Nebularhypothese gegen alle Einwürfe gesichert ist. Die Möglichkeit der Ringbildung und der Zusammenziehung der Ringe in Planeten dürfte derzeit zuzugeben sein; es sind aber sonst doch noch, wie aus den Darlegungen unseres zweiten Aufsatzes hervorgeht, manche Punkte der Hypothese einer Stützung sehr bedürftig. Die Darwinschen Arbeiten haben der Nebularhypothese weder widersprochen noch sie fester basirt. Zweifelhaft ist die Kosmogonie der veränderlichen Sterne, auch Sees Hypothese über die Entstehung der Doppelsterne ist angreifbar, noch viel mehr problematisch sind die geäufserten Ansichten über die Entstehung der Mondoberfläche, sowie die derzeitige Kosmogonie der Kometen und Meteoriten.

Bei solcher Lage der Dinge ist Bescheidenheit vor unserem derzeitigen kosmogonischen Wissen nur unsere eigene Pflicht. Wenn jedoch die Kosmogonie, mehr als es bisher geschah, von astronomischen Fachleuten gepflegt und von Mathematikern und Physikern unterstützt wird, so dürfte bald dadurch ein Damm gegen das Ueberwuchern der „wilden" Hypothesen errichtet sein; die Wissenschaft wird dann auch

[11]) Der Herausgeber dieser Zeitschrift hat in seinem Aufsatze „Ueber populäre Wissenschaft und Halbbildung" (II. Jahrgang) die Plage der Hypothesenkrankheit, namentlich das Wuchern der „wilden" Hypothesen in der Astronomie, drastisch aber wahr geschildert.

Digitized by Google

auf diesem Gebiete, allerdings wohl durch eine viel längere Reihe von Negationen als in den anderen, positiven astronomischen Zweigen, festen Grund gewinnen. Allen jenen aber, die den Aufbau der Welt für eine leichte Sache halten und sich gerne in Hypothesen versuchen, seien noch die goldenen Schlufsworte zugerufen, welche Laplace im 4. Kapitel des fünften Buches seiner „Exposition du système du monde“ niedergeschrieben hat: „Ein für den Fortschritt der Wissenschaften wahrhaft nützlicher Philosoph ist nur jener, welcher mit einer umfassenden Einbildungskraft eine grofse Strenge in seinen Schlüssen und bei seinen Beobachtungen vereinigt und zugleich auf der einen Seite von dem Verlangen, sich zu der Ursache der Erscheinungen zu erheben, und auf der anderen von der Furcht, sich in Ansehung jener, welche er ihnen beilegt, zu täuschen, beunruhigt wird.“

Digitized by Google

Der Luftmangel des Mondes. — Ueber dieses Thema äufsert sich der englische Astronom Sir Robert Ball in Cambridge in der Zeitschrift Science, wie folgt:

Der Mangel an Luft, an dem der Mond leidet, ist eine nothwendige Folge der kinetischen Gastheorie, nach welcher jedes Gas, Wasserstoff wie Sauerstoff, aus kleinsten Theilchen besteht, die sich mit einer gewaltigen Geschwindigkeit bewegen. So kämen z. B. die Wasserstoff-Moleküle, die unter gleichen Temperaturbedingungen freilich die gröfsten Wege zurücklegen, bei 0^0 in einer Sekunde um 1844 m vorwärts, wenn nichts sie in ihrem Laufe hemmte. Sauerstoff und Stickstoff haben im allgemeinen weit geringere Geschwindigkeiten. Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, dafs einzelne Moleküle im Verlaufe ihrer Bewegungen häufig einen ihre durchschnittliche Geschwindigkeit um vieles übertreffenden Weg durchmessen. Nun läfst sich zeigen, dafs der Mond eine derartige Masse und Ausdehnung besitzt, dafs jeder Körper, welcher von seiner Oberfläche mit einer gewissen Geschwindigkeit — sagen wir von 800 m in der Sekunde — weggeschleudert würde, zu einer beträchtlichen Höhe aufsteigen, zuletzt aber infolge des Ueberwiegens der Mondanziehung wieder zurückfallen müfste. Wenn jedoch seine Anfangsgeschwindigkeit um soviel gröfser wäre, dafs sie einen gewissen kritischen Betrag von ungefähr 1600 m erreichte, so würde der Körper den Bewegungsgesetzen gemäfs von der Mondoberfläche aufsteigen und immer weiter sich von ihr entfernen, ohne jemals durch die Mondanziehung wieder an des Mondes Oberfläche zurückgeführt zu werden. Stellte man sich nun die Aufgabe, heute den Mond mit einer neuen Hülle von Sauerstoff oder Stickstoff zu umgeben, so würden die Moleküle dieser Gase natürlich mit den ihnen eigenthümlichen Geschwindigkeiten durcheinander fliegen. Im allgemeinen bleiben diese freilich innerhalb solcher Grenzen, dafs der Mond jene Moleküle in seiner Gewalt behält. aber häufig genug werden einzelne Moleküle mit einer Geschwindigkeit begabt sein, welche jenem kritischen Betrage von 1600 m in der Se-

Digitized by Google

kunde gleichkommt oder ihn übertrifft. Wenn dergleichen in den oberen Schichten der Lufthülle geschieht, so werden die Theilchen alle miteinander den Mond verlassen, andere werden ihnen auf demselben Wege folgen, und daher kommt es, dafs eine aus jenen oder ähnlichen Gasen zusammengesetzte Lufthülle auf dem Monde nicht dauernd sich niederlassen konnte. Auf der Erde bleibt dagegen eine dichte Lufthülle bestehen, weil die Erde Masse genug besitzt, um jedem Projektil, das nicht eine Geschwindigkeit von fast 10 km in der Sekunde besitzt, den Austritt aus ihrem Wirkungskreise zu wehren. Aber die Sauerstoff- und Stickstofftheilchen werden diese Geschwindigkeit weder im allgemeinen noch überhaupt jemals erreichen, und so vermag die Erde ihre Lufthülle festzuhalten, während der Mond dazu unfähig ist. Und was die Erde konnte, das vermochten auch Venus, Mars und Jupiter.

Eine andere — wie uns scheint — plausiblere Hypothese für den Luftmangel des Mondes ergiebt sich aus dem frühen Altern dieses Körpers, dessen verwitternde Gesteine Zeit genug besafsen, um die Atmosphäre in sich aufzusaugen. Sm.

Die Schmidtsche Sonnentheorie.

Wir haben bereits im vorigen Jahrgange unserer Zeitschrift (Seite 329) unter dem Titel „Strahlenbrechung auf der Sonne“ eine neue Ansicht von Dr. A. Schmidt über die Ursachen mancher Erscheinungen auf der Sonne erwähnt. Nach derselben besitzt die Sonne keine eigentliche dampfförmige oder flüssige Oberfläche, sondern ist ein glühender Gasball, dessen Dichte von innen nach aufsen zu ganz allmählich abnimmt, so dafs der Uebergang einer Gasschicht in die andere successive stattfindet, und die äufserste Schicht eine Konsistenz besitzt, die wahrscheinlich viel geringer ist als die des Luftmeeres der Erde. Es wurde auch am angeführten Orte das eigenthümliche Verhalten von Lichtstrahlen in Gaskugeln von grofser Dichte betont und Schmidts Meinung dargelegt, wonach ein beträchtlicher Theil der Sonnenerscheinungen, wie die Flecken, Protuberanzen, auf Refraktionsphänomene der Sonnenatmosphäre wenigstens theilweise zurückgeführt werden könnte. Schon Kummer hat die Wichtigkeit der Strahlenbrechung für die Erklärung optischer Erscheinungen erkannt. Zöllner hat in seinen „Photometr. Untersuchungen“ darauf aufmerksam gemacht, dafs ohne Berücksichtigung der Refraktion der Sonnen-

Digitized by Google

atmosphäre Täuschungen in Hinsicht auf die Deutung mancher Erscheinungen unterlaufen könnten.[1])

In Anbetracht der Wichtigkeit der Schmidtschen Darlegungen, welche, wenn sie sich bestätigen, eine ganz wesentliche Veränderung unserer gegenwärtigen Theorieen der Sonne bewirken müssen, haben wir den Wunsch geäufsert, die Schmidtschen Ausführungen möchten, da sie nur in geometrischer Weise erläutert vorlagen, durch eine analytische Behandlung näher geprüft werden. Diese Erwartung ist schneller, als wir gehofft haben, in Erfüllung gegangen. Eine Habilitationsschrift von Dr. O. Knopf[2]) beschäftigt sich eingehender mit der Sache, und da seine Untersuchung die Schmidtsche Anschauung bestätigt, so wird es erwünscht sein, dafs bald auch Gegengründe von berufener Seite geltend gemacht werden, die entweder die Hypothese beseitigen oder auf das richtige Mafs zurückführen.

Der Verfasser der erwähnten Schrift gelangt auf mathematischem Wege zu denselben merkwürdigen Refraktionsverhältnissen für eine bestimmte Gattung von Himmelskörpern, wie Schmidt. Es zeigt sich, dafs in einem glühenden Gasballe gewisse Lichtstrahlen überhaupt nicht die Atmosphäre verlassen können, sondern zum Theil sogar um das Zentrum herumlaufen müssen. Von der äufsersten Schicht gelangen nur Lichtstrahlen zu uns, die aus jener Schicht stammen. Die Strahlen der mittleren Schichten können aber einen solchen Weg nehmen, dafs sich das Bild der mittleren Schichten auf das der innersten projizirt. Dadurch wird in unserem Auge der Eindruck einer scharfen äufseren Begrenzung des Gasballes hervorgerufen, während in Wirklichkeit eine so wohl begrenzte Schicht denselben nach aufsen hin garnicht abschliefst, vielmehr dessen Gas sich in allmählich zunehmender Dünne

[1]) „Uebrigens glaube ich bemerken zu müssen, dafs man bei allen bisher aufgestellten Theorieen der Sonnenflecke den Einflufs der Refraktion der Sonnenatmosphäre auf die Gestalt der an ihrer Oberfläche wahrgenommenen Objekte mit Unrecht vernachlässigt hat. Selbst wenn die Penumbra in gleichem Niveau mit dem dunklen Kerne auf der Sonnenoberfläche sich befände, so würde man lediglich durch Annahme einer hinreichend starken Refraktion im stande sein, sowohl die Vergröfserung des dem Sonnenrande zugekehrten Theiles der Penumbra als auch jene scheinbaren Vertiefungen zu erklären, welche sich am Sonnenrande öfter an der Stelle zeigen, wo infolge der Rotation ein Fleck verschwindet. Die interessanten Kummerschen Resultate scheinen mir die Berücksichtigung der Refraktion in der Sonnenatmosphäre für jede Hypothese über die Sonnenflecke durchaus nothwendig zu machen. . . . ." (Seite 246.)

[2]) Die Schmidtsche Sonnentheorie und ihre Anwendung auf die Methode der spektroskopischen Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne. — Habilitationsschrift. Jena 1893.

Digitized by Google

von innen nach aufsen verliert. Jede Veränderung des Druckes wird in einem solchen Gasballe eine Veränderung der Dichte und somit auch des Brechungsexponenten hervorrufen. Es können folglich irgend welche Vorgänge unserem Auge an Orten erscheinen, die in der That an ganz anderen Stellen sich vollziehen. Bei der Auffassung der Sonne als einen solchen glühenden Gasball könnten demnach verschiedene Erscheinungen, wie das plötzliche Emporschiefsen von Protuberanzen und manches andere, blofse Refraktionsresultate, erzeugt durch Dichteveränderungen der inneren Schichten, sein. Vermöge solcher Refraktionserscheinungen unterliegt auch die Ableitung der Rotationsdauer der Sonne aus spektralanalytischen Beobachtungen nach dem Verfasser manchen Bedenken. Nach dieser, von Zöllner vorgeschlagenen Methode mifst man die Verschiebungen, die zwischen zwei Absorptionslinien tellurischen Ursprunges und zwei solchen des Sonnenspektrums während der Umdrehung der Sonne stattfinden. Als Messungsstellen benützt man zwei einander gegenüber liegende Punkte des Sonnenrandes. Die Methode setzt voraus, dafs die Absorption nahe der scheinbaren Oberfläche der Sonne stattfindet, während nach der Schmidtschen Hypothese die Absorptionslinien des Sonnenspektrums in sehr tief gelegenen Schichten der Sonne ihren Ursprung haben. Die Messungen beziehen sich dann auf Stellen, an denen sich die Absorptionslinien des Sonnenspektrums thatsächlich nicht befinden. Hierdurch wird der aus spektroskopischen Beobachtungen abgeleitete Betrag der Umdrehungsdauer der Sonne in Frage gestellt. Nur in den Fällen, wo die Messungen in der Ebene des Sonnenäquators gemacht werden, ist das Resultat zuverlässig. Die Rotationsdauer, welche die in der Ebene des Aequators gemachten spektroskopischen Beobachtungen ergeben, stimmt mit jener nahe überein, die aus der Bewegung der Sonnenflecken gefunden worden ist. Dr. Knopf macht aber darauf aufmerksam, dafs aus der spektroskopischen Beobachtung von Absorptionsstellen des Aequators vielmehr eine geringere Rotationsdauer erwartet werden sollte, weil unter Festhaltung der Schmidtschen Theorie die Absorption tief im Innern der Sonne statt hat. Da jedoch auch diese tief gelegenen Stellen denselben Betrag des Sonnenumschwungs liefern, wie die anderweitigen auf die Oberfläche sich beziehenden Beobachtungen, so sei der Schlufs berechtigt, dafs die Sonnenrotation von aufsen nach innen zu eine schnellere wird.

Digitized by Google

Die Erwärmung der Pflanzenblätter. — Seit einer Reihe von Jahren ist man stetig bestrebt, den Einflufs der klimatologischen Verhältnisse auf die Entwicklung der Pflanzen bis ins Einzelne zu verfolgen. Die Resultate, welche auf diesem als „Phänologie" bezeichneten Gebiete, besonders durch die Bemühungen Hoffmanns in Giefsen, erzielt wurden, waren merkwürdig genug. Es gelang, die einzelnen Momente des Pflanzenlebens auf ihre Abhängigkeit von der Wärme, welche auf der Erde von Jahr zu Jahr und von Ort zu Ort Schwankungen unterworfen ist, zu prüfen. Wenn auch die erlangten zahlenmäfsigen Ergebnisse rein äufserliche waren, so zeigten sie deutlich, dafs für jeden besonderen Schritt im Wachsthum jeder Pflanzenspezies eine ganz bestimmte Wärmemenge erfordert werde. Freilich wie grofs diese etwa für die Keimung, das Aufblühen u. s. w. einer bestimmten Art in Wärmeeinheiten gemessen sei, das liefs sich auf diesem Wege noch nicht erkennen. Dazu sind besondere Studien nöthig, welche eine Reihe von einzelnen Daten zu liefern haben, und das Problem wird dadurch viel komplizirter als dasjenige, welches die Wärmeaufnahme der Luft und des Erdbodens betrifft. Die ersten Daten, die erforderlich sind, beziehen sich auf die Fähigkeit der Blätter, die ihnen zugestrahlte Wärme zu absorbiren oder durchzulassen. Die bezüglichen Experimente sind neuerdings von A. G. Mayer im physikalischen Laboratorium der Harvard-Universität zu Cambridge (U. S.) ausgeführt worden. Folgendes waren die Resultate, die durch Beobachtungen an Blättern der verschiedensten Holz- und Krautgewächse sich ergaben, die theils an sonnigen Standorten, theils im Schatten, theils sogar im Wasser vorkommen. Es zeigte sich, dafs die Gröfse der Strahlung dieser Blätter, und zwar an ihrer Ober- sowohl wie an ihrer Unterseite, eine kaum zu übertreffende, nämlich dieselbe, wie die Strahlung des Lampenrufses ist, obwohl bekanntlich gerade die Unterseite der Blätter einen besonderen Farbstoff — das Anthokyan — enthält, den man als die Wirksamkeit der Ausstrahlung verhindernd ansah. Nur bei den Unterseiten der Klettenblätter zeigt sich eine Ausnahme, da sie nur 81 pCt. des erwähnten Strahlungsbetrages erreichen. Wohl mit Recht nimmt der genannte Forscher an, dafs wir hier eine ähnliche Art von Anpassung an die Lebensbedingungen dieser Pflanzen haben, wie bei den Fischen, deren Oberseite fast ausnahmslos dunkler als die Unterseite gefärbt ist. Die Blattrosette der Klette liegt dem Boden dicht an und empfängt auf der Unterseite fast keine direkten Strahlen der Sonne. So müfste die Pflanze leicht ihre Wärme verlieren, wenn die Unterseite nicht durch

Digitized by Google

die erwähnte Eigenschaft geschützt wäre. Aehnliche schützende Wirkungen hat für die Blätter der Thau, wie zahlreiche Versuche beweisen. Ein nur schwach bethautes Blatt strahlt blos 78 pCt. derjenigen Wärme aus, die es im trockenen Zustande emittirt, während eine dicke Thauschicht nur 66 pCt. dieser Wärmemenge herauslässt. Das ist um so merkwürdiger, als auf Körper von schwächerem Strahlungsvermögen die Bethauung gerade umgekehrt wirkt. So ergiebt sich, dafs wir in der Natur der Blätter schlagende Beispiele von Anpassung besitzen. Der Umstand, dafs ihre Oberfläche zu den besten Wärmestrahlern und die Blätter demzufolge auch zu den am besten absorbirenden Körpern gehören, müfste es nämlich bewirken, dafs während der Nacht ein guter Theil der am Tage aufgenommenen Wärme wieder ausgestrahlt werden würde, wenn die nächtliche Thaudecke nicht diese Ausstrahlung auf zwei Drittel ihres sonstigen Werthes beschränken würde.

Fernere Versuche über die von den Blättern absorbirte und durchgelassene Wärme zeigen, dafs von den dunklen Wärmestrahlen, die man durch ein Blatt fallen läfst, etwas mehr als 80 pCt. vom Blatt absorbirt und nur etwas weniger als 20 pCt. durchgelassen werden, ein Verhältnifs, das freilich von Individuum zu Individuum ein wenig, von Art zu Art etwas mehr variirt, aber keineswegs von der Dicke und Zähigkeit der Blätter direkt abhängig ist. Blumenblätter erwiesen sich dabei etwas durchlässiger wie Laubblätter. Auch zeigten die Blätter gegen die ihnen zugesandten Strahlen, ähnlich wie die irdische Lufthülle den einzelnen Strahlengattungen gegenüber, ein wählerisches Verhalten. Der Betrag von Wärmestrahlen, welchen ein einzelnes Blatt durchgehen läfst, beläuft sich — wie erwähnt — auf 20 pCt. Gestattet man aber der durch das erste Blatt gegangenen Wärme, auf ein zweites zu fallen, so findet man, dafs schon 78 pCt. von dieser Wärme durchgelassen werden; ein drittes läfst gar fünf Sechstel von der Wärme hindurch, welche durch zwei Blätter gegangen ist, und ein viertes Blatt stellt dem Durchgange der so ausgewählten Wärmestrahlen schon kein merkliches Hindernifs mehr entgegen. Dabei spielt das Blattgrün keineswegs die bedeutende Rolle, die man ihm wohl ohne die Grundlage des Experiments zugeschrieben hat. Blätter, die man mit Alkohol ihres Chlorophyllgehaltes beraubt hatte, erwiesen sich in nicht viel höherem Grade passirbar für dunkle Wärmestrahlen, als grüne Blätter. Die Rolle des Blattgrüns wird wohl — wie frühere Forscher annehmen — diejenige sein, dafs es leuchtende Strahlen in erwärmende zu verwandeln vermag und so mehr

Digitized by Google

indirekt für die Erhaltung der wärmenden Energie der Pflanzen beiträgt. So zeigt sich, dafs im Kampfe ums Dasein die Blätter der verschiedensten Pflanzenspezies sich der geeignetesten Fähigkeit, Wärme durchzulassen und auszustrahlen, angepafst haben, so dafs heute kein bemerkenswerther Unterschied zwischen ihnen besteht. Ihre Oberflächen sind die besten unter den bekannten Wärmeverzehrern, und der Nachtheil, dafs sie demnach auch unter die besten Wärmestrahler gehören, wird dadurch wieder aufgehoben, dafs der Thau, der sich Nachts auf ihnen sammelt, sie vor zu starker Ausstrahlung schützt. Zum Schlusse mag auch noch darauf hingewiesen werden, dafs die erlangten Zahlen einer künftigen Untersuchung der dem Lande zugestrahlten Wärme zu Gute kommen werden, da der gröfste Theil des Landes auf Erden mit Vegetation bedeckt ist. Sm.

Digitized by Google

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1893. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. J. M. Eder. VII. Jahrgang. Halle a. S., W. Knapp.

Der auf dem Gebiete der Photographie als hervorragende Kraft bekannte Herausgeber hat es im Laufe der Jahre verstanden, einen aufserordentlich zahlreichen Kreis tüchtiger Fachmänner als Mitarbeiter für sein Jahrbuch heranzuziehen und sich zu erhalten, so dafs auch der vorliegende 7. Jahrgang in einer Reihe von Originalbeiträgen, welche der bekannten kurzen jährlichen Uebersicht über die Fortschritte der Photographie in den abgelaufenen Jahren vorangeht, eingehende und gründliche Bilder der einzelnen Zweige liefert. Es mufs an dieser Stelle genügen, die allerwichtigsten Arbeiten ihrem Inhalte nach kurz zu erwähnen.

Bei der grofsen und umfangreichen Rolle, welche die künstlichen Lichtquellen in der heutigen Photographie spielen, ist eine Arbeit von Glasenapp über das Aluminium sehr zeitgemäfs (S. 6). Dieselbe ergiebt, dafs dieses Metall, als „Bronze", d. h. gepulvert angewendet, das Magnesium nicht nur an Wirkung erreicht, sondern noch um eine Wenigkeit übertrifft und weniger Rauch entwickelt. R. Schwarz (Wien) veröffentlicht S. 33 eine Anleitung zur direkten Aufnahme lebensgrofser Porträts, welche um so wichtiger erscheint, da sie ganz einfache Mittel verlangt. So dient z. B. als Objektiv die achromatische Landschaftslinse oder sogar das Brillenglas, welches natürlich beim Gebrauche, um Verzeichnungen zu verhüten, stark abzublenden ist; aufserdem mufs eine Korrektion behufs Einhaltung des chemischen Fokus angebracht werden, welche z. B. bei einem Glase von 95 cm Fokusweite 5 cm in der Richtung des Objektivs beträgt. Sehr charakteristisch ist auch die Art und Weise, in welcher der Autor — zur Erzielung kurzer Expositionszeiten — das Tageslicht durchweg durch einen geeigneten Magnesiumlichtapparat ersetzt. Ueber die neuen Entwickler Metol und Amidol referirt der Herausgeber (S. 62 u. 65). Während der erstere zu den gewöhnlichen organischen Entwicklern zu zählen ist, d. h. nur in alkalischer Lösung wirkt, allerdings ohne Aetzkalien, so ist das Amidol dadurch bemerkenswerth, dafs es bei blofsem Zusatz von Natriumsulfit selbst in saurer Lösung energisch entwickelt. Hierdurch dürfte gerade das Amidol eine Zukunft haben; denn jeder Praktiker weifs, wie sehr die Alkalien die Gelatineschicht der Platten zu schädigen vermögen. R. Talbot (S. 92) hat in einer grofsen Versuchsreihe die Thomas' und Edwards' Diapositivplatten erprobt und giebt Rezepte für geeignete Hydrochinonentwickler. Ref. mufs aber hierzu bemerken, dafs die erwähnten Erzeugnisse Bromchlorsilberplatten sind und — bei gröfserer Empfindlichkeit — mit reinen Chlorsilberplatten nicht wetteifern können; gerade für Projektionszwecke sind letztere wegen der absoluten Klarheit der Bilder bei weitem vorzuziehen. — Von neuen Apparaten nennen wir nur Anschütz' Momentcamera mit regulirbarem Verschlufsspalt (S. 105), welche zu den leistungsfähigsten Momentapparaten der Gegenwart gezählt werden mufs, und Krügeners neue Foliencamera (S. 274), an welcher das Auswechseln der

Digitized by Google

tafelförmigen empfindlichen Celluloidfolien auf die denkbar einfachste und sicherste Weise mittelst Herausziehens eines vielfach gefalteten, schwarzen Papierstreifens bewirkt wird. — Bei dem regen Interesse, welches in den letzten Jahren den Versuchen zur Herstellung farbiger Bilder entgegengebracht wird, seien die einschlägigen Abhandlungen des Jahrbuchs besonders hervorgehoben. Während H. W. Vogel (S. 285) aufser einigen historischen und kritischen Bemerkungen über das angeführte Thema nichts Neues bringt, giebt Jves (Philadelphia) eine wesentliche Verbesserung seiner schon vor vier Jahren publizirten Methode der Aufnahme farbiger Bilder an (S. 298). Das Wesentliche daran ist die Konstruktion des „Heliochromoskops", eines Apparates, welcher durch besondere Vorrichtungen die Vereinigung dreier durch verschiedenfarbige Gläser gleichzeitig gemachten Aufnahmen desselben Gegenstandes zu einem einzigen in den natürlichen Farben erscheinenden Bilde bewirkt. Nicht mit Unrecht setzt der Autor seinen Apparat mit dem Stereoskop in Parallele und hofft, denselben besonders für technische und künstlerische Zwecke in nicht zu ferner Zeit anerkannt zu sehen. Auf demselben Prinzip beruht die Erzeugung vielfarbiger Projektionsbilder mittels Photographie ohne Farben von Vidal (S. 302). In einer kurzen Notiz (S. 321) veröffentlicht der Herausgeber eine briefliche Mittheilung von Lippmann, in welcher dieser einige sein bekanntes Verfahren zur chromatischen Aufnahme des Spektrums betreffende Anweisungen giebt. Ein gröfserer Aufsatz von Zenker (S. 114) verbreitet sich eingehend über die Theorie der Entstehung der Lippmannschen Farbenaufnahmen; der Gang der Lichtstrahlen hierbei wird einer genauen Diskussion unterzogen. — Eine ganze Reihe von Beiträgen beschäftigt sich mit der Theorie und Praxis der Astrophotographie. Besonders bemerkenswerth ist hier eine Abhandlung von Soret (S. 247) über die allgemeinen Bedingungen, unter denen sich die mittelst optischer Instrumente erhaltenen virtuellen Bilder in objektive, also photographirbare verwandeln lassen. In sehr übersichtlicher Weise wird gezeigt, in wie einfacher, auf den gewöhnlichen Grundsätzen der Optik basirender Weise der Astronom und Mikroskopiker seine Instrumente für photographische Aufnahmen selbst herrichten kann, und dafs diese Thatsache bisher nur infolge von Unkenntnifs oder Leichtfertigkeit sich der allgemeinen Benutzung entzogen hat. Die Fortschritte der Astrophotographie im Jahre 1892 bespricht Spitaler (S. 268). Besonders erwähnenswerth sind die Untersuchungen Wolfs (Heidelberg) über die Anzahl von Sternen, die bei verschieden langer Belichtung ein Bild geben. Bei Expositionszeiten, die sich verhalten wie 1:3:13, ergab sich das Verhältnifs der Anzahlen etwa wie 1:2:4. Der neue Stern im Fuhrmann war für die Photographie ein besonders interessantes Objekt und hat daher als solches rege Berücksichtigung gefunden; die Entdeckung mehrerer Nebel auf photographischem Wege ist ebenfalls zu erwähnen. Die zuerst von Weinek 1883 angegebene Methode der Planetenentdeckung durch die Photographie ist durch Wolf (Heidelberg) in umfassender Weise zur Ausführung gebracht (s. auch dessen Arbeit S. 310); er hat hierbei nicht nur viele verloren gegangene Planeten wiedergefunden, sondern auch nicht wenige neue den alten Verzeichnissen hinzugefügt. Selbst Kometen kann man auf diesem Wege finden, wie die Entdeckung eines solchen durch Barnard beweist. Der Autor selbst hat auf der Wiener Sternwarte direkte Vergröfserungen von Mondgegenden am Fernrohre photographirt und schöne Bilder erhalten. Weinek in Prag hat die schönen Glasdiapositive von Mondaufnahmen der Licksternwarte unter starken Vergröfserungen studirt und hiernach Detailzeichnungen einzelner Partieen mittelst Stift und Pinsel mit virtuoser Technik und unerreichter Treue

Digitized by Google

reproduzirt. Bei dieser Arbeit wurden bisher unbekannte Krater und Rillen gefunden und merkwürdige feine Furchen der Mondoberfläche entdeckt. — Sehr interessante und besonders für den Amateur nützliche und willkommene Winke giebt Schmidt (Karlsruhe) in seinen Randbemerkungen für die photographische Praxis (S. 192).

In der den Originalarbeiten folgenden Uebersicht über die Fortschritte der Photographie in den Jahren 1891/92 finden wir vieles Interessante und Neue. Was Apparate betrifft, so ist zu erwähnen, dafs infolge der Konkurrenz der Celluloidplatten die Vorrichtungen der Rollkassetten nach Kräften vervollkommnet sind (S. 357 ff.). Von neuen Platten sind Thomas' „Sandellplatten" zu nennen, die mit mehreren über einander liegenden, verschieden empfindlichen Bromsilbergelatineschichten überzogen sind. Hierdurch wird die Bildung von Lichthöfen durch zu stark erleuchtete Partien des Objekts erfolgreich vermieden, überhaupt die schädliche Wirkung der Ueberexposition viel besser korrigirt, als dies bei einfachen Platten möglich ist (S. 378). Eine sehr eingehende Uebersicht über die Wirkung und Anwendung der modernen Entwickler (S. 405) dürfte sehr willkommen sein; dieselbe ist bis auf die neuesten Errungenschaften durchgeführt. Gleiche Uebersichten finden sich über Photographie in natürlichen Farben (S. 426), über Diapositive (S. 439), über Kopirverfahren (S. 451), über Ton- und Tonfixirbäder (S. 454) und diverse Vervielfältigungsverfahren. — Eine ganze Reihe von Kunstbeilagen schliefst das Jahrbuch und trägt, neben dem gediegenen Inhalt desselben, dazu bei, es als die empfehlenswertheste Anschaffung für den Fachmann wie den Amateur erscheinen zu lassen. Dr. L.

Die Quadratur des Kreises. Von Dr. Andr. Ożegowski. Ostrowo 1893. 14 S. 8° und 1 Tafel.

Die Quadratur des Kreises ist entdeckt, die mathematische Wissenschaft mufs von Grund auf reformirt werden, so schwer es ihr auch werden mag, die Wahrheit gegen lange verfochtene Irrthümer einzutauschen! Leider hat der Verfasser — einer von den vielen Weltverbesserern und -Beglückern — sein Opus unter den Nachdruckparagraphen gestellt, sonst würden wir unseren Lesern die neu gefundenen Wahrheiten nicht vorzuenthalten brauchen. Unter diesen Umständen müssen wir uns aber mit der Anführung begnügen, dafs der Autor nur mit grofsem Widerstreben „seine Arbeit, die bei Gott nicht leicht war", den Gelehrten zur Prüfung vorlegt, aber in demselben Athemzuge versichert, dafs das Urtheil des Lesers lauten werde: „Die Sache ist ja kinderleicht!" Jedenfalls ist durch vorliegende Arbeit — wenn auch nur nach Ansicht ihres Urhebers — die Irrationalzahl π ein für alle Mal aus der Welt geschafft und kann nach Belieben durch die Zahlen 3 und $3\frac{1}{7}$ ersetzt werden. Sapienti sat! G. W.

Untersuchungen über die Bahn des Olbersschen Kometen. Von F. K. Ginzel. I. Theil. Discussion der Erscheinung des Kometen im Jahre 1887/88 und Störungen zwischen den Periheldurchgängen 1815 und 1887. — Berlin 1893. Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung.

Eine frühere Arbeit des Vorfassers, welche die erste Erscheinung des periodischen Olbersschen Kometen im Jahre 1815 diskutirte, wurde s. Z. von der Holländischen Akademie der Wissenschaften preisgekrönt; die vorliegende umfassende Untersuchung erstreckt sich auf die Wiedererscheinung im Jahre 1887 und behandelt auf das eingehendste das hierüber vorliegende Beobachtungsmaterial. Die ungemein mühsame und langwierige Arbeit ist leider in der vorliegenden Publikation insofern nicht zu ihrem vollen Recht gekommen, als

Digitized by Google

nur das, was zum Verständnifs und zur Beurtheilung der gewählten Untersuchungsmethode unerläfslich schien, im Druck mitgetheilt ist. Sicherlich wird man aber auch in dieser Form allseitig mit Interesse der weiteren Veröffentlichung der zum Abschlufs gebrachten Rechnungen seitens des Verfassers entgegensehen. G. W.

Verzeichnifs der vom 1. Februar 1893 bis 1. August 1893 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Augenleuchten, das, und die Erfindung des Augenspiegels. Dargestellt in Abhandlungen von E. von Brücke, W. Cumming, H. von Helmholtz und G. C. Ruete. Mit 12 Abbildungen im Text. Hamburg, L. Voss, 1893.

Balbis Allgemeine Erdbeschreibung. Lieferung 19—30. Vollkommen neu bearbeitet von Dr. F. Heiderich. Wien, A. Hartleben, 1893.

Bebber, W. J. van, Katechismus der Meteorologie. 3. Auflage. Mit 63 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1893.

Brewer, C. E., Katechismus der Naturlehre oder Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens. 4. Auflage. Mit 53 in den Text gedruckten Figurenabbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1893.

Das akademische Berlin, Sommerhalbjahr 1893. Mayer & Müller, Berlin, 1893.

Dunér, N. C., Sur les éléments de l'étoile variable Y Cygni. Stockholm, 1893.

Eder, J. M., Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1893. 7. Jahrgang mit 145 Holzschnitten und Zinkotypien im Texte und 34 artistischen Tafeln. Halle a. S., W. Knapp, 1893.

Ernecke, F., Preisliste No. 11 über physikalische Apparate. Berlin, 1893.

Faulmann, K., Im Reiche des Geistes. Illustrirte Geschichte der Wissenschaften. Mit 13 Tafeln, 30 Beilagen und 200 Textabbildungen. 1. Lieferung. Wien, A. Hartleben, 1893.

Feichtinger, A. v., Praktische Tabellen für Touristen, um die Seehöhen mittelst Barometer an Ort und Stelle ohne Berechnung zu bestimmen. Fiume, C. Spiess, 1893.

Folie, F., Annuaire de l'observatoire royal de Belgique, 1893. Bruxelles, F. Hayez, 1893.

Hartlebens statistische Tabelle, I. Jahrgang. Wien, A. Hartleben, 1893.

Hammer, E., Zeitbestimmung (Uhr-Kontrole) ohne Instrumente durch Benutzung der Ergebnisse einer Landesvermessung. Mit Tafeln der Sonnen-Deklination und der Zeitgleichung für 1893—1896 und einer Figur. Stuttgart, J. B. Metzler, 1893.

Hellmann, G., Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus. No. 1: L. Reynmann, Wetterbüchlein von wahrer Erkenntnis des Wetters, 1510. No. 2: Blaise Pascal, Récit de la Grande Expérience de l'Equilibre des Liqueurs, Paris, 1648. Facsimiledruck mit einer Einleitung. Berlin, A. Asher & Co., 1893.

Hildebrand Hildebrandsson, Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXIV, Année 1892. Upsala, E. Bering, 1892—93.

Hoernes, R., Erdbebenkunde. Mit zahlreichen Abbildungen und Karten im Text, nebst zwei Tafeln. Leipzig, Veit & Co., 1893.

Jesse, O., Die mitteleuropäische Zeit. Mit einer Karte des Deutschen Reiches. Berlin, D. Reimer, 1893.

Digitized by Google

Keeler, J. E., Visual Observations of the Spectrum of β Lyrae. Note of the Spectrum of P. Cygni. Reprint from Astronomy and Astrophysics.

Klein, H. J., Katechismus der Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender. Achte Auflage. Mit einer Sternkarte und 163 Abbildungen. Leipzig, J. J. Weber, 1893.

Lancaster, A., Le climat de la Belgique en 1892. Brüssel, E. Hayez, 1893.

Linsenbarth, H., Astronomische Neuigkeiten. Berlin, R. Lesser, 1893.

Marth, A., Galactic Longitudes and Latitudes of the brighter Stars in a Zone of the Heavens containing the milky Way.

Marth, A., Ephemeridis of the five inner Satellites of Saturn, 1893.

Mayer, R., Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften. Stuttgart, J. G. Cottas Nachfolger, 1893.

Mayer, R., Kleinere Schriften und Briefe nebst Mittheilungen aus seinem Leben. Herausgegeben von Dr. J. J. Weyrauch. Mit zwei Abbildungen. Stuttgart, J. G. Cottas Nachfolger, 1893.

Mee, A., Observational Astronomy. Cardiff, D. Owen & Co., 1893.

Meyers Konversationslexicon. Fünfte, gänzlich neu bearbeitete Auflage. Mit ungefähr 10000 Abbildungen im Text und ca. 950 Bildertafeln, Karten und Plänen. Band 1: A bis Aslang. Leipzig und Wien, Bibliographisches Institut, 1893.

Ożegowski, A., Die Quadratur des Kreises. Ostrowo, G. Fiedler, 1893.

Pizzighelli, G., Anleitung zur Photographie für Anfänger. 5. Auflage. Halle a. S., W. Knapp, 1893.

Precht, J., Absolute Messungen über das Ausströmen der Elektrizität aus Spitzen. Leipzig, J. A. Barth, 1893.

Riccò, A., Lavori Esequiti Nel R. Osservatorio dell'Universita di Catania. Genua, 1893.

Rizzo, G. B., Il Climat di Torino. Turin, C. Clausen, 1893.

Schaeberle, J. M., Terrestrial Atmospheric Absorption of the Photographic Rays of Light. Sacramento, 1893.

Secchi, Die Einheit der Naturkräfte. Uebersetzt von R. Schulze. Braunschweig, O. Salle, 1891. 2. Auflage.

Stolze, F., Photographische Bibliothek. Band I: Die photographischen Ortsbestimmungen ohne Chronometer und die Verbindung der dadurch bestimmten Punkte unter einander. Berlin, Mayer & Müller, 1893.

Stolze, F., Band II: E. J. Marey, Die Chromophotographie. Uebersetzt von A. von Heydebreck. Berlin, Mayer & Müller, 1893.

Vogel, H. W., Das photographische Pigment-Verfahren und seine Anwendungen in der Heliographie und Photogravüre. 3. veränderte und vermehrte Auflage. Berlin, R. Oppenheim, 1892.

Walter, J., Allgemeine Meereskunde. Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Karte. Leipzig, J. J. Weber, 1893.

Wernicke, Beiträge zur Theorie der centro-dynamischen Körper. Braunschweig, J. H. Meyer, 1892.

Wildermann, M., Jahrbuch der Naturwissenschaften 1892—93. Achter Jahrgang. Mit 31 in den Text gedruckten Holzschnitten und einem Kärtchen. Freiburg i. Breisgau, Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1893.

Ziemssen, O., Makrokosmos. Grundideen zur Schöpfungsgeschichte und zu einer harmonischen Weltanschauung Gotha, E. F. Thienemann, 1893.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Digitized by Google